



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

“POLÍTICA PÚBLICA EN CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL
DESARROLLO DE LAS FUERZAS
PRODUCTIVAS EN EL SECTOR FÁRMACO-
BIOTECNOLÓGICO EN MÉXICO, 2008-2017”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ECONOMÍA

P R E S E N T A

ERICK ALEJANDRO FIGUEROA BUCIO

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. BEATRIZ LEMUS MACIEL



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Diciembre 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Facultad de economía

Política pública en ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de las fuerzas productivas en el sector fármaco-biotecnológico en México, 2008-2017.

Tesis para obtener el grado de Licenciatura

Erick Alejandro Figueroa Bucio
04 de junio de 2021

INDICE	Página
Introducción	2
Capítulo 1. El cambio tecnológico, el papel del financiamiento y las instituciones.	5
1.1 La Transición Tecnológica.	6
1.1.1 Elementos de la Transición Tecnológica	9
1.1.2. El proceso de trabajo	10
1.1.3. El proceso productivo	14
1.2. Los canales de inversión	16
1.2.1 La percepción del riesgo	18
1.3 El Estado y la interrelación de los agentes para el desarrollo tecnológico	23
1.3.1 Las Instituciones y sus funciones	28
1.4 Los Sistemas de Innovación	31
1.5 Conclusiones	33
Capítulo 2. La política científica y el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación en México	35
2.1 El contexto económico y productivo con la apertura comercial y la conformación del Sistema de Innovación	37
2.2. Políticas entorno a la generación de Ciencia y Tecnología	41
2.2.1 El arreglo institucional: estrategias y objetivos	42
2.2.2 La inversión pública en CyT	51
2.2.3 Regulación en biotecnología	54
2.3 El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y los mecanismos de vinculación	57
2.4 Las limitantes del Sistema de Innovación	63
2.5 Conclusiones	68
Capítulo 3. La investigación y uso de Biotecnología médica como factor de desarrollo en México.	71
3.1. ¿Puede la biotecnología médica ser un factor de desarrollo económico?	72
3.1.1. La biotecnología médica y su importancia	73
3.1.2. Las políticas científicas y el liderazgo del Estado estadounidense como ejemplo de transición tecnológica en la industria de biotecnología médica	76
3.1.3. El mercado internacional de biotecnología médica	80
3.2. El proceso productivo de la industria de biotecnología médica y las tendencias del sector	85
3.3 Los retos de las empresas frente al desarrollo biotecnológico	95
3.4 La biotecnología médica en México. El sector público	96
3.4.1 Los Centros Públicos de Investigación dedicados a la biotecnología	97
3.4.2 La fuerza de trabajo y el mercado laboral en la industria de biotecnología	99
3.5 La biotecnología médica en México en el sector privado	101
3.6 Conclusiones	107
Capítulo 4. Una política fármaco-biotecnológica en México para el desarrollo de biotecnología médica.	109
4.1 Hacia una política integral de inversión en Ciencia y Tecnología	110
4.1.1 El esquema programático de recursos en CyT y los obstáculos a la sinergia entre producción y consumo de productos y servicios tecnológicos	112
4.1.2 Las compras de innovación	117
4.2 La política de salud y farmacéutica en México	119
4.2.1 Deficiencias en la política de salud y farmacéutica nacional	123
4.3. Un Estado que retome el liderazgo hacia una mejor política de salud y farmacéutica	129
4.4. El papel de la biotecnología en el sector salud en México	135
4.5 Conclusiones	138
5. Conclusiones Generales	140
Bibliografía	

Introducción

En la actualidad la economía mexicana presenta grandes retos, derivado de esto se generan perspectivas y debates muy importantes sobre la vigencia y las condiciones que se presentan con el actual esquema económico, ya que los resultados obtenidos por la plena apertura comercial que se empieza a gestar a finales de siglo pasado pueden ser analizados de distintas maneras. La estructura productiva en México tuvo una agresiva adaptación a las cadenas globales de valor y con esto, la economía en su conjunto presentó una tendencia muy marcada a favorecer las actividades que se enfocaban en el comercio internacional y, aunado a esto, con la influencia de la nueva corriente teórica de liberalismo económico que se presentaba en ese periodo, el Estado mexicano decidió adaptar estas condiciones y reproducirlas dentro de la sociedad mexicana.

Consecuencia de esto, proliferaron las industrias maquiladoras y manufactureras en suelo mexicano, se depende cada vez más de los flujos de capital extranjero y el consentimiento de las políticas económicas por parte de la comunidad internacional. También se presentó un proceso de concentración de la riqueza, el desvanecimiento de varias industrias nacionales que no se lograron adaptar a las condiciones de competencia en un mercado globalizado, la pérdida de competitividad de la estructura productiva, la pérdida de productividad en varias actividades, el debilitamiento del mercado laboral y, en consecuencia, peores condiciones sociales en general.

Por estos motivos, es importante abordar este debate sobre el futuro y el rumbo que debe tomar la economía en su conjunto, así como las distintas problemáticas y necesidades que son evidentes y que se gestan desde la estructura económica y social del país.

A lo largo de este trabajo, se identifica como punto central en el esquema productivo la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, así como el grupo de agentes y vínculos que deben sustentar el Sistema que apoyan estas actividades. Uno de los puntos críticos, que como se comentó, son los problemas estructurales que se han presentado debido al desgaste del actual sistema de organización económico, como

la pérdida de competitividad, productividad y el acotamiento de las actividades industriales del país. En tal sentido, el Sistema de Innovación tiene el objetivo de robustecer la estructura productiva y generar sinergias para abordar las diferentes problemáticas productivas, económicas y sociales.

En este caso, se aborda el estudio de la biotecnología para acotar la actividad y las relaciones generadas en el Sistema de Innovación con respecto a un fin específico. Además de considerar que la biotecnología es una de las industrias más relevantes de la llamada Revolución Tecnológico 4.0, ya que toca diversas áreas en las que se presentan los temas más relevantes a nivel social en la actualidad, como el medio ambiente, la agricultura, la salud, entre otros, siendo el tema de la farmacéutica la que se analiza en este trabajo, debido a su importancia en el contexto actual para el país.

La hipótesis principal del presente trabajo considera que el Sistema de Innovación no ha encontrado el debido sustento para potenciar las capacidades productivas de las industrias tecnológicas, por la falta de inversión, organización y apoyo de la iniciativa pública y privada a los proyectos de investigación e innovación, enfocándonos en la industria biotecnológica nacional, además de que las políticas encaminadas a fortalecer el Sistema de Innovación no consideran una planeación estratégica e integradora a largo plazo, por lo que el Sistema no es sustentable.

Esto afecta directamente sobre las capacidades innovativas de los Centros Públicos de Innovación, las empresas y farmacéuticas nacionales que desarrollan biotecnología, por lo que esta industria aún no se ha consolidado en el país y no cuenta con la capacidad y condiciones para competir con empresas transnacionales especializadas en biotecnología.

Para esto es necesario analizar las capacidades de la industria biotecnológica nacional, la infraestructura y condiciones para la investigación y desarrollo, y la participación que tienen los diversos agentes para el desarrollo de esta industria. De igual forma, es importante describir la evolución del Sistema de Innovación mexicano, el desarrollo de las políticas científicas para abordar las necesidades del

propio Sistema y el papel que tiene la innovación dentro de la estructura productiva y el conjunto de la economía y sociedad en general.

Para abordar este análisis se utiliza la perspectiva del materialismo histórico, ya que aborda el tema del cambio tecnológico desde una visión dinámica como consecuencia de la reconfiguración de procesos dentro de la sociedad, específicamente, el proceso de trabajo, el proceso productivo y los ciclos del capital.

De igual forma se utiliza elementos institucionalistas, que permiten comprender los cambios que se presentan en las relaciones de los agentes involucrados, lo que presenta una perspectiva sistémica y dinámica, por esto se utiliza el término de Sistema de Innovación, que también se puede identificar como las relaciones sociales de producción en la teoría del materialismo histórico, enmarcando el papel del Estado como un participante muy relevante en todo el proceso de reconfiguración económica y productiva para encaminar la adopción tecnológica.

Dados estos elementos, se pretende demostrar la importancia que tienen las actividades científicas y tecnológicas para el desarrollo económico y social, la relevancia de reconfigurar y robustecer el Sistema de Innovación mexicano y las oportunidades que se presentan al favorecer el desarrollo de industrias tecnológicas e innovadoras, en este caso la biotecnología en el campo farmacéutico.

Capítulo 1. El cambio tecnológico, el papel del financiamiento y las instituciones.

La economía mexicana ha pasado por distintas fases de visión y práctica durante el siglo XX y principios de este siglo, pasando de ser una economía con un Estado muy presente en la actividad económica a reconvertirse en una economía de manufactura para exportación con la apertura comercial que tiene lugar en la década de los noventa y una considerable reducción de la participación del Estado en las actividades productivas. Resultado de la visión económica adoptada a finales del siglo XX, la producción industrial está dominada por el capital extranjero, situándonos en la cadena internacional de producción como una economía de manufactura, o principalmente de ensamblaje, de poco valor agregado y poca productividad y, con una estructura productiva industrial muy dependiente de las cadenas globales, lo que tiene fuertes repercusiones sobre cuestiones de bienestar social y condiciones laborales.

Identificando que uno de los principales problemas que se presentan en la economía mexicana es la insuficiente creación de valor que se tienen en las cadenas de producción, es importante traer a la mesa alternativas que ayuden a mejorar las condiciones productivas y económicas del país y que incentiven una mejora en el esquema y diversidad del entorno industrial y en las condiciones de trabajo y, por ende, de vida de la población.

En este capítulo se aborda la importancia que tienen las políticas en innovación, entendiendo que son parte y resultado de la evolución del proceso de trabajo, el proceso de valorización del capital y el alcance que estas políticas pueden tener en la estructura industrial de la economía en general, y se analizan algunos elementos teóricos que permiten estudiar las fases del cambio tecnológico y su relación con los canales de inversión, los cambios en el proceso de trabajo y el papel que tiene el Estado en el proceso de la transición tecnológica a nivel industrial en el caso de una economía emergente, como el caso mexicano.

Para esto se analiza desde la perspectiva del materialismo histórico elementos que permitan describir cómo se presenta el desarrollo del proceso productivo, las

innovaciones y evolución de las relaciones sociales del trabajo, así como también conceptos de la parte institucionalista para describir el papel del Estado como un actor fundamental para liderar esa transición tecnológica.

1.1 La Transición Tecnológica.

En años recientes se ha destacado la creciente importancia de las nuevas tecnologías en el mejoramiento de las cadenas productivas de las empresas, por lo que se plantea como un área estratégica encaminada al desarrollo económico de las naciones. La innovación tecnológica es una determinante fundamental que ha estado siempre presente en las revoluciones industriales y de la que naciones desarrolladas han situado su ventaja competitiva sobre otras naciones, lo que refleja la importancia del desarrollo tecnológico para el crecimiento productivo, la consolidación industrial y su efecto sobre las condiciones de bienestar social.

La Real Academia Española (RAE) define innovación como: *“La creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado”* (RAE, s.f.). Para el tema que se está tratando, no se debe confundir este término cuando se aborden conceptos dentro de la descripción del desarrollo tecnológico e identificar que precisamente una innovación se presenta cuando se introduce un nuevo elemento, ya sea un producto, servicio o proceso productivo, al mercado.

En la medida en que las ramas productivas y en específico las empresas sean más innovadoras, el proceso de desarrollo tecnológico y la generación de nuevos productos y servicios que alcancen una fase de producción y consumo generalizado por parte de empresas, industrias enteras y la sociedad en general, definirá si nos encontramos ante una situación de transición tecnológica. Cómo se explica más adelante, también se debe considerar otros factores que son ajenos a los procesos propiamente de creación tecnológica, como las expectativas del sistema financiero, la visión económica, las políticas públicas y el proceso de valorización del capital, pero en la medida que estos factores se encaminen hacia un objetivo común se presentará un nuevo paradigma o esquema económico.

En 2011 en la Feria de Hannover se acuña el término de la industria 4.0, que se utiliza para referirse a la revolución digital que se inició a principios de milenio y que se traslada a muchas otras ramas de la ciencia, como es la biotecnología, que es el tema de interés para este estudio. En la literatura actual, autores como Klaus Schwab, Carlota Pérez, Harvey entre otros, señalan que en la época actual se está viviendo un punto de inflexión, donde las nuevas ramas tecnológicas tienen un papel cada vez más protagónico, los avances científicos son cada vez más aceptados y utilizados en la vida cotidiana y en los esquemas de producción, fomentado una nueva forma de automatización y creación de productos. La inteligencia artificial, los sistemas inteligentes y la cada vez mayor conexión y potencia de los equipos de cómputo abren paso a otras ciencias que se desarrollan cada vez con más velocidad, la biotecnología entre ellas, dentro de los avances más significativos se encuentra la secuenciación del genoma humano, que en sí mismo representa todo un hito, ya que esta es la base para múltiples posibles líneas de investigación y posibles aplicaciones para uso comercial, incluso interdisciplinarias, en este campo (Schwab, 2016).

Es importante analizar las características para el desarrollo de esta nueva forma de entender la economía, ya que el sistema económico, a modo de adaptar los nuevos patrones de producción, se atiene a diversos cambios institucionales a fin de involucrar estas tendencias en su aparato productivo y en la planeación económica. Además, se debe tomar en cuenta la evolución de otras esferas, como la empresarial y de consumo, como se adaptan para un mayor uso, más intensivo de estas tecnologías e innovaciones.

Otros puntos a considerar son la velocidad y el alcance de estas innovaciones, que se presentan cada vez de forma más significativa y continua, ya que esta revolución se caracteriza por la interconexión y la disponibilidad de información a nivel mundial y el uso de otras herramientas, como ya se citó, la Inteligencia Artificial (IA), lo que favorece una mayor difusión de estos avances. Como lo ilustra Schwab, “la tecnología de la primera revolución industrial tardo más de un siglo en difundirse en

Europa, mientras que Internet alcanzó un nivel mundial en solo algunas décadas.” (Schwab, 2016).

Esta revolución también se presenta de forma distinta en otros tópicos como, el número de empleos generados, el papel del capital, la ampliación de negocios, la estructura de costos y el papel de las instituciones (Schwab, 2016). En el caso de la biotecnología, como se verá más adelante, requiere de una inversión muy alta de capital para sostener y apuntalar esta nueva industria.

Como en todas las revoluciones, los grandes beneficiados por esta, van a ser los dueños, promotores y proveedores de estas nuevas tecnologías, los proveedores de capital intelectual y el capital físico, de ahí la importancia de asimilar estas nuevas tecnologías e industrias en la forma de visualizar a futuro la economía del país, ya que, como ha se ha presentado en casos históricos (Ej. Japón y Alemania en su proceso de industrialización durante la revolución de los motores de combustión y la electricidad), es durante el periodo de transición tecnológica cuando se presentan las condiciones para que las naciones subdesarrolladas alcancen tecnológicamente (catching up) a las naciones que, en su momento, son las líderes en este ramo.

Teniendo en cuenta esto, es necesario identificar los elementos dentro de la economía mexicana que sirvan para articular un panorama sobre las condiciones que se presentan para favorecer el desarrollo tecnológico. Con lo comentado anteriormente se tiene un marco de referencia que permita el análisis de conceptos que permitan desglosar las características de una transición tecnológica, y como se puede aplicar a la rama de la biotecnología en México, su alcance de innovación e influencia sobre otras ramas productivas, y dar referencia de las características que son necesarias de las empresas de base tecnológica y la planeación económica para poder trascender en este tema.

El estudio de las pasadas revoluciones industriales permite identificar ciertos acontecimientos en el desarrollo histórico de la sociedad que van propiciando cambios en el sistema económico que tienen como consecuencia un paradigma

tecnoeconómico (término que se describe más adelante). Estos elementos se retoman en los siguientes párrafos.

1.1.1 Elementos de la Transición Tecnológica

Es importante entender cómo se gesta el cambio técnico en el contexto del régimen económico en el que se sitúa el análisis, en este caso es un modelo capitalista de libre mercado, para esto el materialismo histórico desarrolla elementos que brindan un panorama sobre las diferentes consideraciones que se deben tener para entender en el conjunto, no solo del ámbito económico, sino también, de otros factores sociales, las implicaciones del cambio tecnológico.

Marx (como citó Harvey) desarrolla el concepto de proceso de trabajo. Se menciona que los procesos de trabajo siempre tienden al cambio. Se define la fuerza productiva como “el poder que tiene el hombre frente a la naturaleza para cambiarla y apropiarse de ella” (Harvey, 1982), y el elemento que está en constante cambio precisamente es la tecnología, que define como “la forma material del proceso de trabajo, en la que se expresan las relaciones y fuerzas que sirven de base para la producción” (Harvey, 1982), y también hace uso de otro elemento que complementan la forma del proceso de trabajo que son las relaciones sociales productivas.

En este contexto es importante entender que los procesos de trabajo se presentan como una manifestación de la evolución de las necesidades de la sociedad y la manera en que esta hace uso de conocimientos previamente adquiridos para aprovechar y apropiarse de la naturaleza, con el motivo de adquirir valores de uso o productos. Harvey menciona que bajo este esquema todas las actividades tienen un propósito social, por lo que la tecnología se define bajo “la relación entre las fuerzas productivas, las relaciones sociales de producción y las concepciones espirituales del mundo” (Harvey, 1982).

Con base en esta premisa, el desarrollo de las nuevas tecnologías siempre se ha presentado como un objetivo fundamental para el bienestar económico y social de cualquier nación, ya que a medida que la sociedad va evolucionando, las

necesidades que demanda también lo hacen, en todas sus esferas, por lo que el desarrollo técnico y tecnológico es necesario para abordar estas cuestiones y para incentivar la creación y expansión de la riqueza, fundamento sobre la que se sostiene la reproducción capitalista y que sirve de base para la evaluación de indicadores macroeconómicos de referencia, como el PIB, que dan una semblanza del desempeño económico de un país. De no tener en consideración la importancia que tiene el desarrollo tecnológico para el desarrollo social y económico, sin duda tendrá un fuerte costo social y se mantendrá esa dependencia de las naciones desarrolladas para cubrir las carencias en estos temas.

1.1.2. El proceso de trabajo

Es importante ahondar en los tres puntos anteriormente mencionados: la relación entre las fuerzas productivas, las relaciones sociales de producción y las concepciones espirituales (conocimiento) del mundo, ya que parten como premisas para determinar las condiciones para la difusión y adopción de las nuevas tecnologías en un sistema de producción, como se menciona textualmente:

“En este proceso, el hombre se enfrenta como poder natural con la materia de la naturaleza [...] Y a la par que de ese modo actúa sobre la naturaleza exterior a él y la transforma, transforma su propia naturaleza, desarrollando las potencias que dormitan en él y sometiendo el juego de sus fuerzas a su propia disciplina” (Marx, 1946)

Como describe Harvey (1982), se entiende como *fuerza productiva* al poder de transformar la naturaleza por medio de trabajo humano y apropiarse de ella. Este concepto pone de manifiesto la necesidad del uso de medios de apropiación de la naturaleza para adaptarla a las necesidades de la sociedad, lo que se puede expresar en medios materiales o tecnologías que son utilizados con distintos fines para cubrir un proceso de trabajo.

Ahora bien, alcanzar cierto nivel tecnológico depende en gran medida del desarrollo y la evolución histórica de la tecnología. Un factor importante son las *relaciones*

sociales que se van presentando para desarrollar ciertas tareas de la producción, compartiendo conocimientos y técnicas que posteriormente suelen mejorarse o combinarse, lo que actúa como una fuerza de desarrollo científico y tecnológico en las distintas ramas productivas, por lo que el desarrollo del conocimiento científico depende en gran medida de las relaciones sociales de producción. De igual forma, se pueden presentar mejoras en la forma de organización, asignación de tareas y especialización de la mano de obra, lo que también tiene un fuerte impacto sobre el proceso de trabajo.

Por último, dentro de las relaciones sociales de la producción surgen *conceptos espirituales*. Este término denota el conocimiento adquirido tanto del proceso de trabajo como también del propio mundo (productos materiales), lo que puede ser transformado tanto en instrumentos, tecnologías o formas de organización y ser aplicadas a procesos de trabajo reales.

Estos factores evolucionan de acuerdo a las condiciones sociales e históricas que se van presentando. No quiere decir que esta transición se presente de forma inmediata al presentarse algún cambio en alguno de estos elementos, ya que para hablar de una evolución o transición tecnológica se presenta un cambio profundo en la naturaleza misma del proceso de trabajo. Es importante identificar que propicia que estos factores se reconfiguren de tal manera que se presente esta transición a un nuevo esquema de reproducción del capital, identificar el proceso de cambio que se presenta en el esquema productivo y la adaptación tecnológica dadas las condiciones presentes, y que factores externos al proceso de trabajo ayudan a generar este cambio.

Considerando lo que se presenta en el párrafo anterior, en el análisis del materialismo histórico se entiende que el proceso de trabajo está relacionado directamente con la valorización del capital, por lo que el desarrollo y evolución del proceso del trabajo, o lo que es lo mismo, la evolución técnica o tecnológica va encaminada a mejorar las condiciones de valorización del capital mediante una mayor extracción de plus trabajo en las dos formas posibles, mediante la extensión de la jornada de trabajo o mediante una mayor intensidad o productividad del trabajo

o lo que se denomina como plusvalía absoluta y relativa respectivamente, pero no solo mediante la inducción de nuevas innovaciones al mercado, sino más bien, mediante el uso de estas nuevas tecnologías al servicio de una mayor valorización del capital por medio de obtener una mayor tasa de plustrabajo global y que esta sea sostenible (Deza, 1995).

Desde este marco de análisis se observa que la inserción de una transición tecnológica en la economía no solo depende de la cantidad de innovaciones o estímulos financieros que se puedan generar, más bien, se debe analizar como el sistema económico en su conjunto, desde el punto de vista del capital, se transforma de acuerdo a estas nuevas condiciones que surgen del proceso de trabajo con la premisa de facilitar la valorización del capital, por lo que necesariamente la industria capitalista sufre una transformación en su estructura organizativa, operacional y productiva con base en la nueva forma de entender la economía que a su vez permite que el nuevo sistema de producción se reproduzca y se sostenga en el tiempo con la misión de expandir el capital y sus beneficios, como ocurrió con el fordismo y el toyotismo. Esto encaja con el término de “paradigma tecnoeconómico” desarrollado por (Pérez, 2004) que se verá más adelante.

Como evidencia de la evolución que se manifiesta en el proceso de trabajo en la fase de desarrollo económico actual, se puede observar la tendencia sobre la creación y apropiación del conocimiento como base de la valorización del capital, que a palabras de Andrea (Fumagalli, 2010) se presenta como la “tendencia que tiene que ver con la generalización y centralidad del conocimiento dentro de una organización de la producción que tiende cada vez más a superar los límites de las empresas y a convertirse en producción social”. En este proceso de trabajo, el desarrollo científico y, principalmente el trabajo que realizan los investigadores, es fundamental para la reproducción del capital, estos elementos no necesariamente se encuentran ubicados en la tradicional planta productiva, y tienen una condición especial, ya que muchas veces la investigación, principalmente la investigación básica, que es base del desarrollo tecnológico, no se considera inicialmente como algo atractivo para invertir, pero dado un empujón a estas actividades por otros

actores que no buscan una rentabilidad inmediata, y durante el proceso de creación de productos y conocimientos, se presentan mejores condiciones para la valorización del capital, estos procesos se deben abarcar en el análisis de las condiciones sobre las que se presenta esta transición tecnoeconómica.

Para el pensamiento marxista, el cambio tecnológico es un fenómeno endógeno del sistema económico que es determinado por ciertos aspectos inductores que se suele relacionar con el comportamiento de los agentes económicos, lo que se refleja en sus acciones, elecciones y necesidades. Para abordar este análisis, se parte de ciertas hipótesis como determinantes de las decisiones de los agentes económicos, estas son: la maximización de los beneficios y una lógica de satisfacción a una presión externa o interna (Deza, 1995).

Vicente Deza retoma el análisis de Marx el cual identifica dos inductores de cambios técnicos que se derivan de la lógica de maximización de beneficios: 1) competencia entre productores y 2) ahorro de la fuerza de trabajo ante el alza de los costes salariales. Como se observa, estos factores pueden ser definidos bajo diferentes motivaciones, ya sea la necesidad de mejorar por la presión misma del entorno de competencia y diferenciarse de esta, o por una iniciativa que propicia a la elección de optar por el desarrollo de una innovación al presentarse una situación de presión por el mercado laboral. En el primer caso, la decisión se basa en una reducción del coste unitario que permita obtener mayores beneficios que los competidores, o también el caso de abordar nuevos mercados o incluso crearlos, por medio de inducir nuevas necesidades y así obtener una ventaja respecto a sus competidores. En el segundo caso. se optará por el desarrollo de la innovación ante la situación de que esta inversión en capital resulte menos costosa que los costos que se derivan del alza en los salarios y la mano de obra en general. Entonces se identifica como el principal móvil para desarrollo de las innovaciones en procesos y productos la obtención de una mayor tasa de ganancia (Deza, 1995).

Se identifican otros tres inductores que responden más a la lógica de las presiones externas del proceso de trabajo: La lucha de clases en el proceso de producción, la

regulación institucional y los “cuellos de botella” intratécnicos o intertécnicos (agotamiento de recursos o escases). (Deza, 1995)

El cambio tecnológico no solo involucra la incorporación de nuevos productos innovadores, también se refiere a la innovación en procesos o formas de organización, por lo que en la medida que estas dos formas de innovación permitan una mayor rentabilidad a las industrias se dará una mayor profundidad a estas innovaciones y una mayor propagación en diferentes industrias. El ejemplo más reciente son las innovaciones en electrónica y comunicaciones. Un equipo de cómputo más potente y una mayor conexión de Internet permite dar a las empresas un mayor control sobre sus procesos de producción y permite dar nuevas oportunidades para la reducción de costos, con la deslocalización de las plantas productivas a zonas que permiten ahorrar costes salariales o mediante una mayor productividad de los puestos administrativos para llevar la contabilidad, todo esto es derivado de la introducción de las innovaciones en productos, que se complementa con mejoras de organización como el fordismo y posteriormente el toyotismo (Deza, 1995). Con lo anterior, se tienen elementos para abordar de una manera más precisa la manera en que el cambio tecnológico se va introduciendo y acoplado al sistema económico.

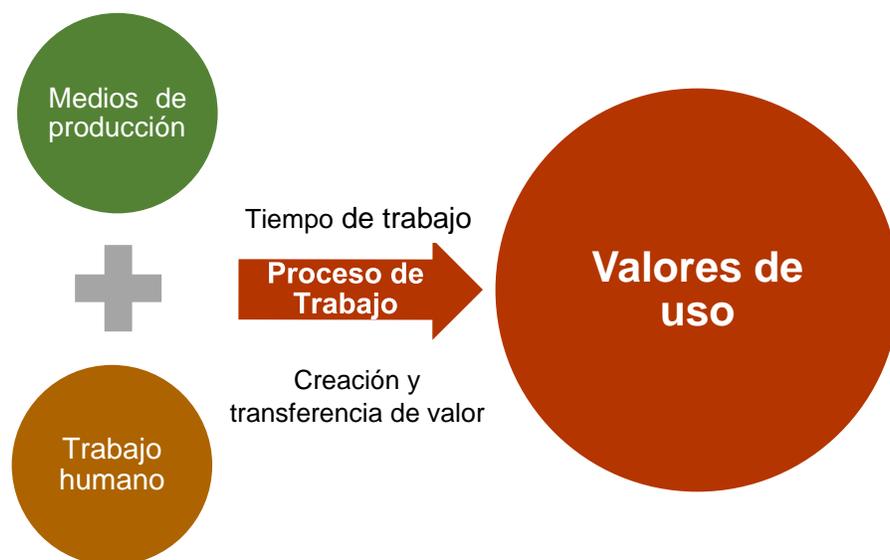
1.1.3. El proceso productivo

Ahora bien, Marx (1946) define que el trabajo por naturaleza tiene un doble carácter, dos componentes que definen el valor del producto, lo que permite definir el proceso productivo, estos son: el valor de los medios de producción (herramientas, tecnologías y materia o insumos) y el valor propio del trabajo con el que el hombre interviene en el proceso de creación de este valor de uso. El primero es un valor transferido al producto final, y el segundo es un valor añadido determinado por el tiempo de trabajo que representa. Textualmente se menciona “Lo que, por tanto, añade valor es su trabajo, [...] y si este trabajo añade una determinada magnitud de valor, no es porque tenga un carácter útil específico, sino, porque dura un determinado tiempo.” (Marx, 1946)

Con base en esto, también se puede definir algunas relaciones que surgen de este proceso: mayor tiempo de trabajo = mayor creación de valor, mayor calidad de trabajo = mayor transferencia de valor, y sus respectivos contrasentidos, esto nos ayuda a determinar las condiciones con las que se puede mejorar la productividad de cierta industria o actividad económica.

Podemos definir al proceso productivo como el proceso de creación de valores de uso, y que consta de tres componentes: los medios de producción, el trabajo humano y el tiempo de trabajo. En este proceso están insertados los elementos que se definieron en el proceso de trabajo y, justamente donde se refleja su inferencia al configurar el aparato productivo a partir de la introducción de nuevas tecnologías e innovaciones, ya sea por medio de mejorar la calidad o añadir una mayor cuantía de trabajo requerido dentro del proceso, lo que define la cantidad de valor que se genera, como se definió anteriormente.

Esquema 1. El proceso productivo



Fuente: Elaboración propia con base en: (Harvey, 1982) y (Marx, 1946)

Este proceso, en el caso de las industrias de alta tecnología, requiere de un tiempo considerable de trabajo y cualidades muy específicas en el capital variable y los medios de producción, misma razón por la que los requerimientos de inversión son muy altos, pero, también por lo que la transferencia y creación de valor es muy alta.

Es por este motivo que la productividad es mayor en las industrias que están en la frontera del conocimiento.

Más allá de las implicaciones que se considera en el análisis marxista de la evolución tecnológica como una forma de acumulación y expansión del capital, para el estudio de esta tesis, este marco nos permite explicar la situación de la economía mexicana ante el proceso de cambio tecnológico y que condiciones son necesarias incentivar para mejorar en este tema y se pueda generar un proyecto económico con base en el desarrollo del conocimiento científico.

Dentro de los objetivos de esta tesis también se plantea revisar el papel de la inversión como una forma de estímulo para incentivar el cambio tecnológico, para lo que se debe integrar los conceptos que se definirán sobre el papel del financiamiento con las premisas antes definidas, lo que se abordará en los siguientes párrafos.

1.2. Los canales de inversión

Para entender una revolución industrial o tecnológica es importante analizar los cambios que se van abriendo paso en otras esferas distintas del proceso de trabajo, por lo que para su estudio es importante desarrollar un análisis sistémico o una consideración que involucre diferentes escenarios del contexto económico, los que influyen de forma directa o indirecta sobre el desarrollo de las nuevas tecnologías, su incorporación al aparato industrial y la adaptación de los canales de inversión en todos estos cambios.

Pérez indica que ante una nueva visión multiescénica del cambio tecnológico y con ello una nueva forma de entender el accionar económico se presenta un paradigma tecnoeconómico. Más precisamente lo define de la siguiente manera: “Un paradigma tecnoeconómico es la nueva línea óptima de práctica económica, encabezada por nuevas formas gerenciales, institucionales, tecnológicas y de organización” (Pérez, 2004)

Algo que podemos destacar de esta definición es el uso del término “línea óptima de practica económica”, y que Pérez determina esta línea mediante la transición de

un sistema económico obsoleto a un nuevo sistema económico con lo que implica, una visión totalmente diferente de “la práctica económica”, lo que involucra una construcción de los elementos teóricos, enfocada a explicar esta nueva forma de entender los procesos económicos y sociales. Esto se ha presentado precisamente de forma histórica, ya que desde la primera revolución industrial, hasta la actual revolución, se han presentado diferentes teorías económicas que dan base a su accionar y su entendimiento, desde el liberalismo económico de Adam Smith, hasta la moderna teoría de las sociedades del conocimiento, por lo que, a pesar de que existen elementos en común en todas las teorías económicas, es importante retomar los elementos actuales de análisis económico para contextualizar las condiciones presentes del sistema económico, para esto retomaremos algunos elementos que autores vigentes, como Carlota (Pérez, 2004), Mariana (Mazzucato, 2017), entre otros, ofrecen para abordar el estudio de las esferas económicas y sociales actuales y los temas que aún están presentes en los debates de la “nueva práctica económica”.

Como indica Pérez citando a Kuhn, la “nueva práctica económica”, sirve de guía para los agentes involucrados para creer en las nuevas tendencias en tecnología y en las nuevas industrias y sobre todo para introducir a estos agentes a la promoción de las mismas (Pérez, 2004), por lo que se presenta como necesario una cultura de innovación y de aceptación de las nuevas tecnologías, pero en primera instancia, la presencia de las nuevas tendencias tecnológicas como elemento activo dentro del sistema económico para que exista ese contacto con los agentes involucrados en las decisiones del rumbo económico de un país.

Uno de los agentes que tienen relación directa con la promoción tecnológica son los encargados de los canales de inversión, y uno de los que se viene a la mente en primera instancia es el sistema financiero. Para abordar el análisis del comportamiento de este agente Carlota Pérez desarrolla un estudio sobre las diferentes fases que atraviesa una revolución tecnológica y la manera en que el sistema financiero se apoya sobre estas nuevas tendencias para favorecer una

mayor valorización del capital y al mismo tiempo favorecer el crecimiento y consolidación de estas nuevas industrias.

1.2.1 La percepción del riesgo

Carlota (Pérez, 2004) expone que existe una relación entre cada revolución tecnológica y el mercado financiero, que está marcado por ciclos de esfuerzo y expectativas del mismo sistema, ya que el mercado financiero tiende a realizar movimientos ante la presencia de nuevos productos innovadores, que industrias ya existentes o nuevas presentan en el mercado y al mismo tiempo, se abandonan las actividades o industrias del viejo sistema. En este proceso se presenta una creación y destrucción creativa de mercados. Esto provoca una fuerte euforia financiera, ya que mientras estas tecnologías son asimiladas en el sistema económico y social, son fuente de una fuerte especulación. Mientras los primeros productos impactan el mercado, se espera que se desarrollen industrias con grandes ganancias y que dominen prontamente el mercado. Posteriormente, al atravesar estas fases de euforia, se presenta un desacoplamiento del capital real y el financiero, lo que aumenta la especulación y las burbujas financieras, lo que finalmente culmina en una crisis financiera.

En este proceso para el avance de la transición tecnológica, el capital financiero tiene un papel muy importante, ya que los movimientos de capitales que se generan proveen de los medios económicos para que las empresas apuntalen la infraestructura necesaria para el desarrollo de productos, que suele ser una actividad muy riesgosa, pero una vez teniendo la infraestructura necesaria permite a las empresas una mayor libertad para seguir encaminando estas nuevas tecnologías.

En este análisis, podemos observar que se presenta esta evolución del sistema financiero en una fase de desarrollo tecnológico en proceso de crecimiento, en número de mercados, empresas e innovaciones, y en las que el capital financiero tiene una solidez importante para cumplir el papel de trampolín para estas nuevas tecnologías, pero a consideración de este análisis y contextualizando a las condiciones de la economía mexicana, es necesario ir más atrás en el análisis, y

plantear los elementos necesarios para que surjan las innovaciones y empresas de base tecnológica. Para esto se retoma a otro agente muy importante dentro de los canales de inversión, el Estado.

Es importante aquí destacar que la inversión en ciencia y tecnología tiene una condición especial, esta se refiere a la incertidumbre que representa este tipo de inversión. Autores como Mazzucato, destacan esta condición como el principal elemento que justifica la intervención de otros agentes distintos de la iniciativa privada en este tipo de inversión, ya que en etapas iniciales de investigación simplemente no se sabe que resultados se obtendrán de la misma, por lo que, desde la perspectiva empresarial, que considera la maximización de sus recursos, no se tienen incentivos para invertir en esta etapa de la investigación que es muy necesarias para llegar a la etapa de innovación. A esta condición se le denomina fallo de mercado en el marco de la teoría económica liberal, y bajo esta lógica el Estado tiene la obligación de intervenir solo para corregir estos fallos, por ejemplo, invirtiendo en ciencia básica, pero sin participar directamente en actividades de mercado, como lo es la producción, comercialización de productos y servicios o incluso invirtiendo en otras actividades, como la ciencia aplicada, pero que como se ve más adelante, esta visión limita en gran manera el desarrollo tecnológico.

Es necesario exponer la diferencia que existe entre riesgo e incertidumbre. En el caso del *riesgo*, este se puede determinar con base en una *probabilidad calculable*, mientras que en el caso de la *incertidumbre* esta *probabilidad no se conoce y por tanto no se puede determinar*, como lo ilustró Keynes (Mazzucato, 2017). Como se ve más adelante, es necesario pasar de una situación de incertidumbre a una situación de riesgo para empezar a establecer las condiciones de sinergia y cooperación entre la inversión pública y privada.

Para esto Mazzucato (2017) hace una crítica a la concepción teórica neoliberal del papel del Estado en la promoción de las nuevas tecnologías y su accionar propio como un creador y emprendedor de estas innovaciones y mercados, temas que dentro de la teoría económica actual siempre se le han atribuido a la empresa y que

se puede ver presente en los discursos de los agentes económicos involucrados, incluso el mismo Estado.

La autora define dos características importantes de la inversión en ciencia y tecnología del Estado, la primera se refiere al *horizonte temporal de largo plazo* necesario y la segunda es que los resultados de la investigación financiados por el Estado contribuyen al bien común, término también conocido como *beneficio social*, aspectos necesarios para hacer que la ciencia se adentre en el plano social e incluso productivo, ya que hay un mayor alcance de difusión y por tanto socialización, uso de la investigación y mejores resultados de la misma.

Mazzucato comienza su análisis demostrando que el Estado es el principal actor en el contexto económico, ya que es este quien tiene el liderazgo sobre las decisiones y la vida económica de un país (Mazzucato, 2017). Como menciona, esto es principalmente visible en el mundo de las innovaciones, ya que, al ser actividades de inversión incierta, la iniciativa privada no tiene los incentivos para intervenir en estas, y el Estado debe tomar la iniciativa para incursionar en estas inversiones, que abren campos tecnológicos y de investigación nuevos, y que, incluso después de sus primeras etapas de desarrollo, requieren de sustento para lograr su consolidación, es por eso importante la visión de largo plazo para la inversión en estas actividades. Como menciona Mazzucato esto confiere un papel para el Estado más relevante que solo atender fallos de mercado, más bien se vuelve agente catalizador al “hacer que ocurra”, mediante el liderazgo en iniciativa y asumiendo el riesgo que implica el invertir en este tipo de actividades económicas.

Empresas tecnológicas de grandes capitales necesitan el apoyo del Estado para generar innovaciones y adentrarse a nuevas fronteras del conocimiento, es por eso fundamental la actividad estatal como agente de financiamiento, creador y promotor de las nuevas tecnologías, cumpliendo como garante de la rentabilidad del capital en el proceso.

Pone como ejemplo el caso de Internet y los microprocesadores, que como describe, sin la inversión en investigación del Estado estadounidense, el camino para llegar a estas tecnologías que cambiaron el mundo sería más accidentado o

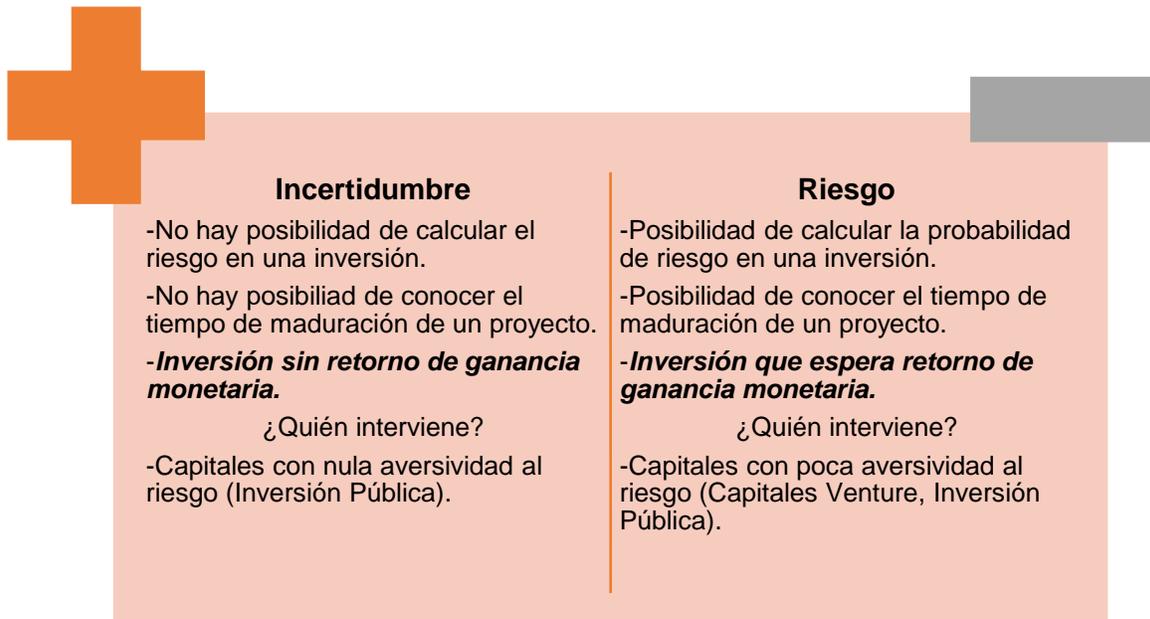
incluso imposible sin su apoyo, tanto en investigación e inversión, la iniciativa privada nunca podría haber logrado tales avances. Empresas como Google, Apple y fabricantes de microprocesadores como Compaq, empresas biotecnológicas y nanotecnológicas en sus inicios dependieron en gran medida del financiamiento estatal y se favorecieron de la investigación en instituciones públicas (Mazzucato, 2017).

Incluso los capitales de riesgo privado no tienen mucha participación en el apoyo a las nuevas tecnologías en sus primeras etapas, por la misma razón: la incertidumbre. Es hasta que se encuentran en un ciclo de negocios en fase de crecimiento, como definió Carlota Pérez, cuando los capitales financieros comienza a incursionar en estas nuevas ramas económicas, cuando la incertidumbre pasa a ser un riesgo calculable y, hasta en este punto, el apoyo estatal también es crucial para lograr que estas tecnologías logren despegar y consolidarse en el mercado (Mazzucato, 2017).

Esto pone de manifiesto la importancia del Estado en el contexto de la innovación, ya que impulsa la investigación en sus distintas etapas y la creación de productos o servicios que posteriormente se introducirán en el mercado y pone de manifiesto las limitaciones de la industria privada en algunos campos primordiales para que surjan las innovaciones.

En el siguiente esquema, se resume algunas de las características de las condiciones de inversión en las distintas etapas de la creación de tecnología, incertidumbre y riesgo, retomando los elementos que ya se han abordado, para esclarecer la necesidad de la intervención de políticas públicas enfocadas a la promoción de la ciencia y tecnología y creación de empresas de base tecnológica.

Esquema 2. Incertidumbre y Riesgo



Fuente: Elaboración propia, con base en: (Mazzucato, 2017)

Es por eso importante retomar y subrayar la importancia de la participación que tiene el Estado en todo momento de la actividad económica. Como indica Mazzucato (2017), se define al Estado con base en una retórica de sus fracasos y se demeritan sus aciertos, pero en la práctica, un Estado fuerte tiene más probabilidades de acertar en sus inversiones y de generar mejores sinergias con las esferas empresariales, como define “escoger a los ganadores”. El Estado ha tenido muchos aciertos, muchos de los cuales tienen un peso muy importante en el mercado, lo que hace valer su papel dentro de la economía.

Un Estado fuerte también es necesario ante los cambios institucionales que conlleva una transición tecnológica, que como se mencionó, crea y destruye actividades económicas, lo que tiene repercusiones sobre el nivel de bienestar de la población, el Estado debe intervenir para que estos cambios sean lo menos severos posibles y con ciclos más cortos.

Por este motivo, dentro de la perspectiva económica, es importante contextualizar las tareas y obligaciones de todos los agentes involucrados en el ecosistema de

innovación dado los alcances de su participación, ya que como se analizó, muchas de las premisas sobre las que se fundamenta la teoría económica que da sustento a la práctica y desempeño de la economía mexicana no permiten que se presenten mejores condiciones para lograr mejores resultados en el campo de la innovación. Es por este motivo que para entender cómo se puede transitar a una economía de mayor inclusión tecnológica, también se debe involucrar y definir la participación del Estado en estas actividades.

1.3 El Estado y la interrelación de los agentes para el desarrollo tecnológico

Al hablar del Estado se debe entrar en contexto del acontecer histórico y el papel que este juega en el sistema económico actual, en este caso la época neoliberal que está presente en la economía mexicana desde la década de los ochentas, con una premisa muy marcada: *libertad de los mercados y la reducción del Estado*.

A consideración de Harvey el Estado neoliberal solo cumple ciertas tareas muy específicas: “favorecer unos fuertes derechos de propiedad privada individual, el imperio de la ley, y favorecer las instituciones de libre mercado y libre comercio” (Harvey, 2005). Este tipo de economía denominada como economía de mercado sostiene que la pobreza se puede mitigar a través de la libertad de mercado y comercio, por lo que el agente central de la teoría es la iniciativa empresarial, ya que se les considera como las llaves de la innovación y creación de riqueza. Un problema muy importante, que surge de esta visión económica es que, en un contexto de globalización, las empresas nacionales de países en vías de desarrollo tienen un fuerte retraso tecnológico en comparación a las empresas transnacionales de países desarrollados, por lo que no pueden competir con éstas de forma directa.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que el Estado se encuentra muy acotado en su accionar por la visión de la teoría y práctica económica implementada, por lo que esto se presenta como una restricción de manera que los objetivos de una mayor creación y difusión de tecnologías, como se analizó anteriormente, requiere de una participación activa del Estado más allá de las funciones tradicionales que se mencionan en la teoría neoliberal, ya sea mediante políticas que encaminen a mejorar las condiciones de productividad y políticas más

activas para la creación e introducción de productos tecnológicos. A pesar de esto, se han presentado esfuerzos y se tiene conciencia de la importancia del desarrollo de los campos tecnológicos en los Estados “neoliberales” que, a pesar de entrar en contradicción con sus premisas, intervienen en áreas estratégicas que apoyan el desarrollo y la innovación, algo que de manera todavía incipiente se ha venido trabajando en las economías de Latinoamérica y México.

Para esto, el Estado se vale de ciertos instrumentos y medios para intervenir en la vida social y económica de la comunidad. Esto se logra por medio de políticas públicas que se implementan para lograr objetivos en diferentes ámbitos en los que el Estado puede intervenir, esto se refiere a los instrumentos de política fiscal y monetaria.

Uno de estos campos es el desarrollo de la ciencia y tecnología, Mario (Albornoz, 2018) hace uso del término de Política Científica para referirse a las políticas públicas encaminadas a abordar este campo. Como se mencionó, las políticas públicas se implementan a través del planteamiento de una serie de objetivos y los medios y estrategias que se deben de implementar para alcanzarlos, este método también aplica para el caso de la política científica.

Pero en el ámbito político, que es asediado la mayoría del tiempo por el conflicto que existe entre los intereses de los principales actores que llevan la conducción de la vida económica, muchas veces los objetivos de la esfera empresarial y la esfera política entran en contradicción a la hora de crear un programa de desarrollo nacional. Como lo menciona Albornoz, se hace uso de una política más bien explícita, o por llamarla de otra forma, enunciativa, que busca más que nada generar un discurso político que resalte el papel del Estado sin abordar de manera seria una buena conducción de las políticas públicas, lo que también afecta a la política científica, características que son palpables en economías en vías de desarrollo (Albornoz, 2018). Y esto se presenta de esta forma, ya que como se mencionó anteriormente, la visión económica imperante no contempla al Estado como un ente activo en la vida económica, sino más bien, un ente que facilita la propiedad privada

y el libre mercado, por lo que de fondo las políticas públicas implementadas carecen de fundamentos y una visión a largo plazo.

Una forma para fomentar una visión más amplia para generar mejores prácticas en política científica es a través de la generación de un plan integral que involucre campos sustantivos o primordiales como lo son la política económica, industrial, educativa, salud, etc. Esta forma de política se define como política implícita (Albornoz, 2018). Con esto se pretende encausar los objetivos en estos distintos campos en una misma dirección, al mismo tiempo que se da cuenta de la importancia de compenetrar acciones que permitan un mejor diagnóstico de las necesidades y problemáticas que pueden ser abordadas desde la perspectiva de la ciencia y tecnología, para lograr elaborar estrategias más eficaces y traer un mayor beneficio social. Esto involucra de manera obvia, un Estado más presente en la actividad económica.

Para lograr este cometido, como menciona Mazzucato, es importante desmontar los mitos sobre la práctica económica de libertad total de mercados, que definen al Estado como un agente ineficiente e incapaz de mejorar las condiciones económicas y productivas por medio de una política activa y, en el que solo la iniciativa privada debería intervenir, y más bien, se debe estudiar la forma en que el Estado pueda cumplir este cometido de forma más eficiente de la mano de la empresa y los agentes involucrados en el contexto económico (Mazzucato, 2017).

Con la alineación de las esferas económicas involucradas de forma directa en la creación y difusión de las innovaciones tecnológicas (el Estado, la empresa, la comunidad científica y los canales de inversión) es necesario detallar y discutir temas relacionados que aborden a las necesidades e incentivos para involucrar a las partes mencionadas a tomar este fin. En consideración a esto, el Estado tiene un papel primordial para lograr que se pueda prestar una vinculación de estos agentes, principalmente por medio, como se mencionó, de la elaboración de un plan de desarrollo económico que involucre en mayor medida el uso intensivo de bienes de conocimiento y productos tecnológicos a la vez que los ciclos de rentabilidad se hagan más cortos de las inversiones en CyT y garantizando la revalorización del

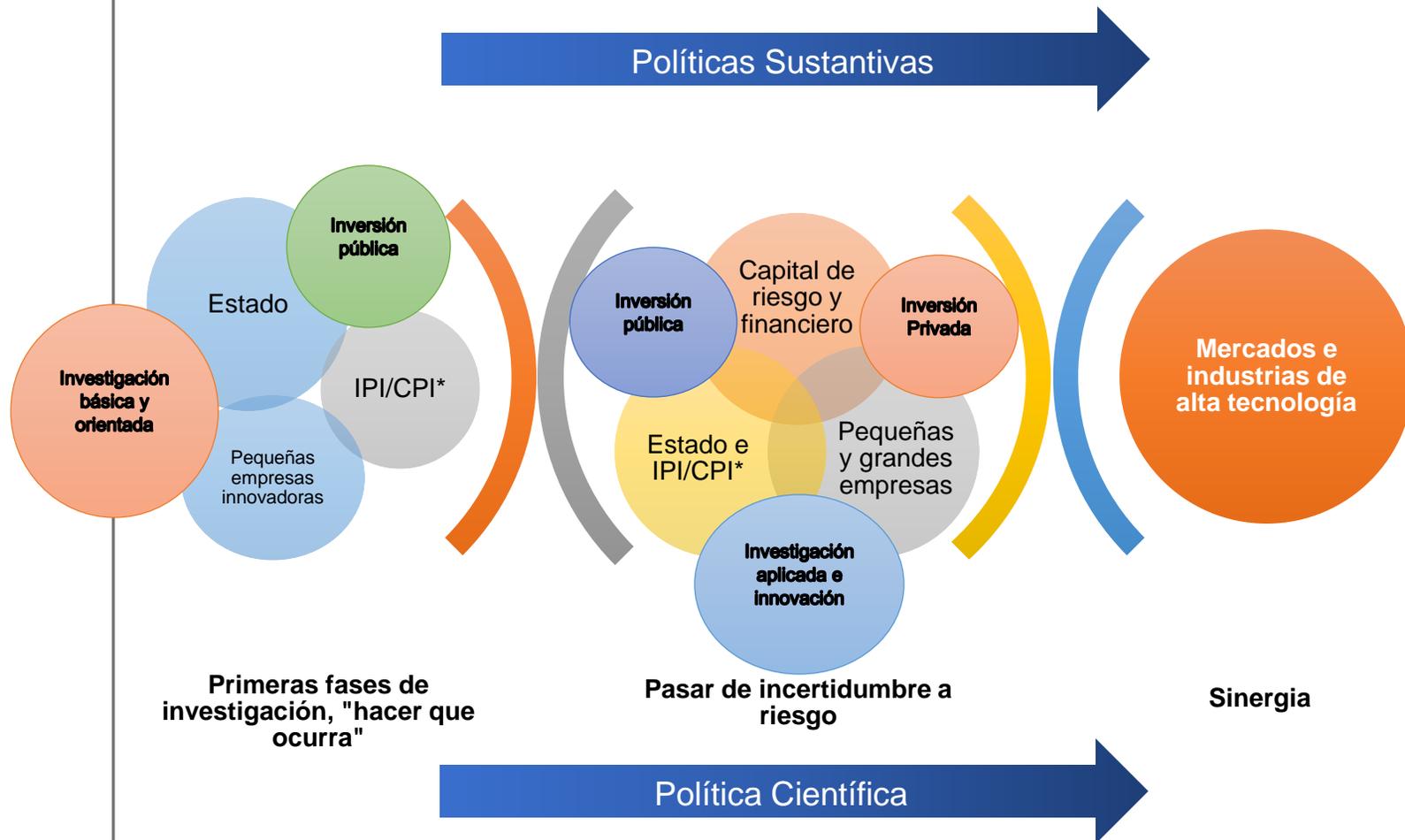
capital. Es necesario, como se analiza más adelante, que el Estado asuma el liderazgo en cuanto a las decisiones e implementación de estrategias para “hacer que ocurra”, potenciar la inversión en proyectos que son de alto riesgo y generar y reforzar los canales de vinculación.

Para esto, como se ha venido analizando, se identifican las motivaciones de cada parte dentro del ecosistema de creación tecnológica y sabiendo que cada uno actuará en medida en que su interrelación los beneficia de forma tangible, para encausarlas entorno al fin de lograr encaminar la transición tecnológica dentro de la estructura productiva del país.

En primera instancia, esto está presente en la toma de decisiones de dos actores; la industria y el capital financiero, ya que ambos actúan en búsqueda de una mayor valorización de su capital, no tomará una decisión que hiciera que perdiera capital o incluso si no pierde, no le redituará una ganancia. Aunque también está presente en la comunidad científica, en la forma en que se presentan los incentivos, principalmente económicos, de reconocimiento a su labor y de inversión en infraestructura para investigación y, en el ámbito político, la cuota política que se obtiene del éxito o no de las políticas implementadas, como una forma de prestigio y credibilidad de las instituciones y actores, por lo que, de manera resumida, estos son los principales móviles de cada actor y en lo que se basan sus decisiones.

Con la correcta integración de estos actores, se define de mejor forma las condiciones y necesidades del ecosistema de innovación, que finalmente tiene sentido si se concreta mediante la creación de mercados que integren industrias, procesos y productos a base de las innovaciones tecnológicas, un nuevo paradigma tecnoeconómico como se definió en apartados anteriores, que promueva además del desarrollo tecnológico, también el desarrollo económico, productivo y de beneficio social. En el siguiente esquema, se resumen algunos de los elementos y consideraciones que ya se han expuesto en cuanto al proceso y las fases que atraviesa la transición tecnológica.

Esquema 3. Elementos y agentes en el proceso de transición tecnológica



Fuente: Elaboración propia

*Institutos Públicos de Investigación y Centros Públicos de Investigación

Como se puede observar en el esquema anterior, es importante identificar los procesos y los actores involucrados en las actividades dentro de cada fase, teniendo en consideración que el Estado tiene un papel importante porque incide por su liderazgo en todas sus fases, principalmente la primera. Con este panorama, es necesario detallar planes y acciones, focalizar los objetivos, superando de esta forma los conflictos de interés, y se genere la sinergia que encause la creación de mercados e industrias con uso intensivo en bienes de conocimiento.

Ahora bien, cada uno de estos actores que se desempeñan en el contexto de desarrollo tecnológico se vincula con los otros a través de sus propios medios, ya sea instituciones, personas, foros de cooperación, programas, etc., (Albornoz, 2018), por lo que es través de una correcta estructura de los mecanismos de vinculación que se pueden mejorar en la definición e implementan de estrategias. Por eso es necesario un análisis sobre los mecanismos presentes y como se pueden potenciar para mejorar en el entendimiento de las necesidades de cada agente, y es precisamente por este punto donde se ha quedado muy corta las políticas científicas, industriales y económicas del país.

Para esto, abordaremos esta problemática en la dimensión institucional, ya que propiamente, el análisis de una correcta estructura de mecanismos se puede considerar a la luz de una institucionalización de las mismas, y como se observa más adelante, en la manera en que éstas sean más eficaces, se mejorarán las condiciones del panorama de la Ciencia en el país.

1.3.1 Las Instituciones y sus funciones

En este punto, es interesante trasladar el contexto del ecosistema de innovación en el proceso de su institucionalización. En palabras de Douglas North “las instituciones actúan como restricciones que limitan las interacciones políticas, económicas y sociales, se definen bajo reglas informales y formales, estas últimas son definidas en un marco de leyes que acotan el accionar de los agentes sociales, y tienen también como objetivo crear una estructura de incentivos que permita la correcta dirección de la estructura económica, por medio de definir los costes de transacción,

producción, la rentabilidad y factibilidad de llevar a cabo una actividad” (North, Instituciones, cambio institucional y desempeño económico, 1993).

También menciona que las instituciones al ser el resultado de las interacciones de elementos sociales, políticos y económicos, hace que sea un factor en constante evolución, ya que las instituciones dependen de las necesidades históricas de cada elemento que influyen sobre ellas para determinar su validez. Pero en contraposición a esto, las instituciones también pueden crear condiciones adversas, dadas por incentivos erróneos, que frenen el desarrollo de una sociedad. Estos incentivos erróneos pueden reflejarse en restricciones para la producción y el desarrollo económico, como lo demuestra North al realizar una comparación de las instituciones de América Latina y EUA, que, como menciona, han frenado el desarrollo del primero y han incentivado el desarrollo del segundo (North, 1993).

Con esta definición, podemos determinar que al presentarse un cambio en el proceso de trabajo y el inicio de un proceso de transición a un nuevo paradigma tecnoeconómico, también se presenta un momento de destrucción, renovación y creación de nuevas instituciones que se acoplan a las nuevas necesidades históricas de la sociedad, instituciones en forma de reglas y de los organismos encargados del cumplimiento de estas reglas.

De esta forma el Estado, como el principal grupo de instituciones que toma decisiones de acuerdo a una visión conjunta de los elementos que inciden sobre la sociedad y sobre sí mismo, al ser un actor determinante para el conjunto de los agentes, influye en gran medida el accionar y evolución histórica de una sociedad por lo que hace o deja de hacer.

En cuanto al desarrollo tecnológico, en México se promulgó en 2002 la Ley de Ciencia y Tecnología (LCyT), que es sirve como marco sobre el que se sustenta la política científica y se define el papel de los agentes involucrados en esta temática, y que está en función de acuerdo a las condiciones dadas por la visión económica del Estado neoliberal y la visión teórica del desarrollo tecnológico presente en el manual publicado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en 1999. Con estos elementos se definen las decisiones e instituciones

relacionadas con la promoción de ciencia y tecnología y explica las condiciones actuales de desarrollo de la economía del país en cuanto a este tema, como se analiza en el siguiente capítulo.

La vinculación entre los actores ha sido ineficiente, y esto como consecuencia de que las instituciones encargadas de generar esta vinculación no han obtenido los resultados suficientes para lograr este cometido. Esto pone de manifiesto la necesidad de hacer una evaluación de las estrategias seguidas en las políticas públicas, ya que, como se viene mencionando, en el contexto de la creación de tecnología, es necesario que alguien conduzca las iniciativas de promoción tecnológica, principalmente para lograr impulsar los elementos necesarios en sus primeras etapas.

Esto lleva a cuestionar los objetivos primordiales que se han descrito como resultado del proceso de apertura comercial y reducción del Estado: su desvinculación con la actividad productiva y con los mercados. Estas premisas en buena medida han afectado a las instituciones que se encargan de la conducción económica y del ecosistema de innovación, teniendo como efecto que estas mismas no han incentivado una mejora sobre la economía mexicana en su conjunto, lo que vemos claramente en la dependencia de la actividad productiva de agentes ajenos a la economía nacional, las empresas manufactureras transnacionales, como ejemplo y, las presiones sobre el mercado laboral. Bajo este contexto, se debe replantear la visión económica y las instituciones que componen al Estado, con el objetivo de redireccionar la estructura económica de acuerdo a las necesidades que se presentan de fondo en la economía mexicana y con base en esto reformular las instituciones sobre las que se debe fundamentar esta redirección.

Como parte de este análisis se abordaron los objetivos y actividades que siguen y plantean las instituciones que integran el Sistema Nacional de Innovación y que están vinculadas directamente con el uso y creación de biotecnología para el uso en salud, teniendo a CONACYT como coordinador y cabecera, además de la Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Agricultura, Pesca y Ganadería, entre otras que, como se verá en los siguientes capítulos, como

resultado de una visión económica que no favorece el desarrollo de una política científica idónea, no tienen una participación relevante precisamente en la creación y difusión de la actividad científica.

Otro elemento que se debe tener en consideración es que el Estado también se ve influenciado a la hora de tomar decisiones por las demandas y presiones sociales, por lo que como se menciona anteriormente, uno de los inductores que puede favorecer la transición tecnológica es precisamente la organización colectiva de agentes, entendiendo que estos agentes deben estar directamente involucrados en la práctica y uso de la ciencia, en este caso de la biotecnología. Estas organizaciones pueden coadyuvar a la presión sobre las motivaciones y objetivos del Estado a la hora de plantear su política hacia una encaminada al uso de la tecnología para abordar temáticas relevantes, como la mejora en el sistema de salud por medio del uso de la biotecnología, cuestión que se abordará más adelante.

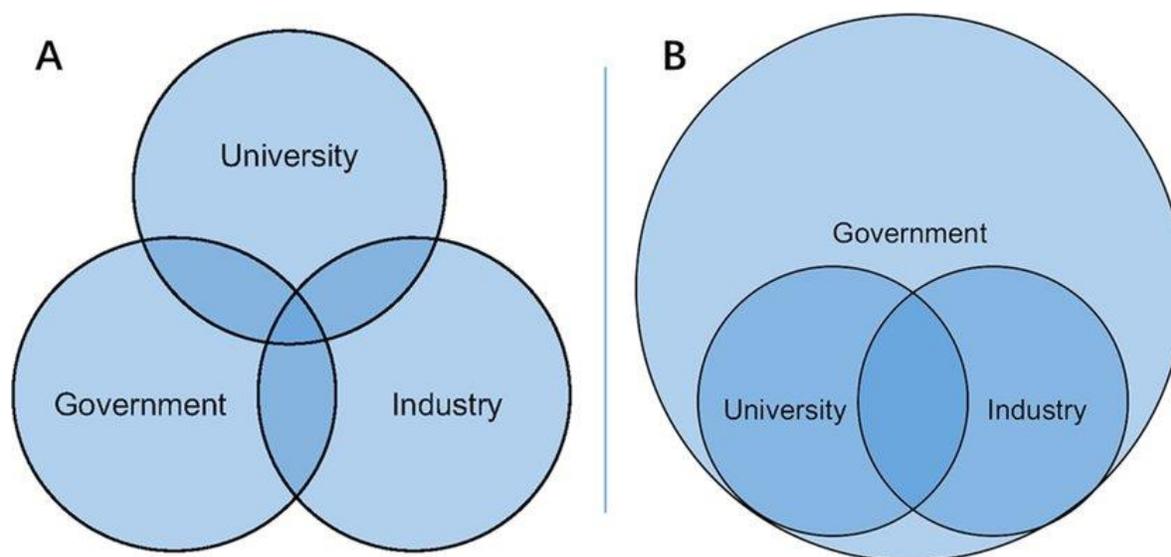
Es importante definir también en este contexto, los elementos que nos ayuden a entender lo que se ha llamado como “ecosistema de innovación” y que, al formalizar en el análisis, nos conduce al término de Sistemas de Innovación. Este término tiene mucha utilidad, ya que considera a los agentes involucrados, las relaciones y ventajas que representa para cada parte esa relación, bajo la perspectiva de un esquema orgánico entorno a la innovación, lo que denota la idea de relaciones dinámicas y sustentables, con esto se pretende definir de mejor forma la política pública encargada de mejorar las condiciones para la ciencia y tecnología.

1.4 Los Sistemas de Innovación

Como se describió anteriormente, a la luz del análisis de institucionalización, los mecanismos de vinculación, al involucrar diversos agentes, con distintas motivaciones y distintos escenarios, se determina que se habla de un esquema sistémico, que precisamente retoma un análisis multidimensional de su interrelación. En este análisis, se presenta un proceso de institucionalización cuando se definen las reglas de vinculación y los mecanismos de operación que ejerzan estas reglas, mediante las que quedan integrados estos agentes.

Ahora bien, como se ha observado, aún está presente la discusión sobre cómo se define los mecanismos de vinculación, la base en que estos se definen y el protagonismo o papel que cumplen los agentes en esta relación. En la literatura actual se suele definir a los sistemas de innovación como una relación tripartita (triple hélice), que comprende al Estado-Comunidad Académica-Industria, que se integran en actividades de retroalimentación. Esta relación se suele ver desde dos perspectivas: una relación semiautónoma de todas los agentes y una relación con dirección estatal o con preponderancia al liderazgo por parte del Estado (Li & Fang, 2019), esto queda ilustrado en el siguiente esquema.

Esquema 1.4. Modelos de Sistema de Innovación de Triple Hélice



Retomado de: (Li & Fang, 2019, pág. 6)

Con respecto a esto, es relevante abordar las críticas que se realizan a la forma en que se comprende y aplica este concepto, ya que se suele interpretar y aplicar esta visión como un modelo replicable para todas las ramas que están involucradas con la creación de conocimiento científico y tecnológico, sin consideración de las condiciones propias de cada economía (Li & Fang, 2019).

Si bien, estas dos perspectivas parecen contrapuestas, retomando el análisis que se ha hecho, podemos concluir que son dos perspectivas en distintas etapas del desarrollo del ecosistema de innovación. Esto es así (en el caso del esquema 4,

figura “B”), ya que como se mencionó, las posibilidades de intervención en una etapa temprana de promoción de ciencia y tecnología, la inversión se encuentra en una etapa de incertidumbre, lo que denota actividades esporádicas de innovación, pocos agentes de la iniciativa empresarial involucrados en estas actividades, y siendo en su mayoría pequeñas empresas, y con la presencia de pocos incentivos para los canales de inversión privados. Por lo que, dentro de este panorama, el Estado debe tener una influencia muy marcada en casi todas las actividades de creación tecnológica, o lo que se definió como liderazgo.

El término ecosistema es adecuado, ya que se trata de relaciones dinámicas, o como se puede también llamar, en el contexto del materialismo histórico, *relaciones sociales de producción*, por lo que evoluciona con el tiempo y lleva a la maduración de actividades dentro del mismo entorno. En el caso de la figura “A”, podemos observar que existe una relación con una sinergia más igualitaria, en el sentido de la participación de los agentes en las actividades del Sistema de Innovación, ya que se ha superado la etapa de incertidumbre en las actividades de inversión, y se tienen mejores incentivos para los demás agentes.

Esto permite identificar la situación actual en la que se encuentra el Sistema de Innovación mexicano (figura “B”) y lo que se necesita para alcanzar una fase más adelantada de desarrollo tecnológico (figura “A”), por lo que en los siguientes capítulos se analizará como ha ido evolucionando la economía mexicana con respecto a este tema.

1.5 Conclusiones

La transición tecnológica es un aspecto fundamental para el desarrollo económico de un país, ya que de esta dependen el desarrollo industrial, económico, la capacidad de abordar las necesidades sociales y el bienestar de la población. Es un proceso de evolución histórico que tiene raíz en el proceso productivo y de trabajo, en el que sus distintos elementos se reconfiguran de tal manera que se presentan nuevas actividades económicas y un nuevo entendimiento de su composición y desarrollo.

Para esto, es necesario contextualizar la situación en la que se encuentra un país ante este cambio que se presenta, determinar si se tienen las condiciones necesarias para asimilar y ser un ente activo en ese cambio, y realizar una planeación acorde a las necesidades económicas presentes. Esto por medio de identificar en qué situación de riesgo para las inversiones se encuentra, con respecto a la percepción de los agentes, si es una de incertidumbre o de probabilidad calculable.

En el caso de la economía mexicana, se determina que, dadas las condiciones presentes, se encuentra en una situación de incertidumbre, por lo que se necesitan plantear objetivos y estrategias para poder generar mayor certeza sobre los proyectos y actividades que se promueven por medio de las políticas científicas y, generar más incentivos para que la iniciativa privada y los canales de inversión se involucren en mayor medida en este tipo de actividades.

Para esto, se identificó como un elemento principal la necesidad de liderazgo para conducir los esfuerzos e incentivar estas actividades. Esta responsabilidad debe ser asumida por el Estado, dado su papel fundamental en el accionar económico del país, por lo que es necesario un Estado activo y consolidado institucionalmente. Además, es también importante abordar el esquema de las políticas científicas bajo la perspectiva de las políticas sustantivas o indispensables para la reproducción social y económica del país.

A pesar de que se tiene un marco institucional dedicado a la promoción tecnológica, liderado por CONACYT, este no ha sido eficiente, y no ha logrado consolidar una mejoría en las actividades científicas y tecnológicas por la falta de articulación y vinculación del Sistema de Innovación, este ha sido uno de los principales problemas que se presentan en la economía mexicana.

Capítulo 2. La política científica y el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación en México

El sector público, como grupo de instituciones gubernamentales, que componen al Estado, es fundamental para lograr establecer las condiciones necesarias para la generación de Ciencia y Tecnología (CyT), el cuál por medio de sus mecanismos e instituciones de promoción científica, cuenta con los medios para formular y consolidar un proyecto que involucre estas actividades, como parte importante para el desarrollo económico.

Por este motivo, es importante revisar el contexto y la evolución de los objetivos y estrategias entorno a la CyT que se han planteado en la actualidad para la economía mexicana, y determinar si estas toman en consideración los elementos que marcan el camino para una reconfiguración productiva, que se abordaron en el capítulo anterior, como son: los cambios dentro del proceso de trabajo y producción (el desarrollo de las condiciones productivas, además de los cambios en las relaciones sociales de producción, y la generación de conocimientos técnicos y de organización), y las condiciones de inversión propias de la fase de desarrollo tecnológico presente, lo que conlleva el tipo de riesgo o situación ante la que los inversores se encuentran para participar en esta industria, en este caso para la industria biotecnológica médica o farmacéutica, como se ilustra en el siguiente esquema (Esquema 2.1).

Para este análisis se debe contraponer los objetivos trazados en materia de política científica con la lógica de valorización y revalorización de capital, lo que también se entiende como condiciones de mercado, sobre todo, mediante los incentivos que los agentes perciben en el entorno para sumarse a los objetivos de estas políticas. También se debe considerar, cómo éstas actividades procuran el beneficio en el ámbito social de forma significativa.

Esquema 2.1. La política pública y los campos de desarrollo para fomentar el cambio tecnológico.



Elaboración propia

Partiendo de estos elementos, se pretende describir las condiciones generadas en CyT, el discurso y la visión económica sobre el que sustenta y la crítica con respecto a las necesidades y consideraciones que se omiten de acuerdo al esquema de política que se sigue y se reproduce a lo largo del análisis.

También se describe las características del contexto económico mexicano que se presentaron durante la conformación del Sistema de Innovación, o para el caso de la economía mexicana, Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCTI), para poder conocer la perspectiva que se maneja en su planteamiento, y la forma en que aborda las necesidades del sector biotecnológico para poder impulsar esta actividad.

Otro factor importante a considerar son los medios de vinculación que crea el Estado. Para esto, es importante hacer una comparación entre los objetivos que se generan en cada programa o plan sexenal de ciencia y tecnología, para determinar si el diagnóstico realizado refleja un análisis profundo de las condiciones técnicas y tecnológicas de la economía mexicana y si los resultados obtenidos han ayudado a alcanzar las condiciones mencionadas para incentivar el sistema de innovación,

pasar de la incertidumbre a la probabilidad. Igualmente, es necesario analizar si el enfoque es de una visión sexenal o un plan de desarrollo a largo plazo, y sobre todo identificar qué elementos no se están abordando para potenciar el desarrollo en esta temática.

2.1 El contexto económico y productivo con la apertura comercial y la conformación del Sistema de Innovación

Durante la década de los 90's la economía mexicana transitaba por un momento coyuntural en el camino de su práctica y perspectiva, debido a que se integró en la tendencia globalizadora de las economías mediante el comercio internacional, en el contexto de la tendencia a la división internacional del trabajo.

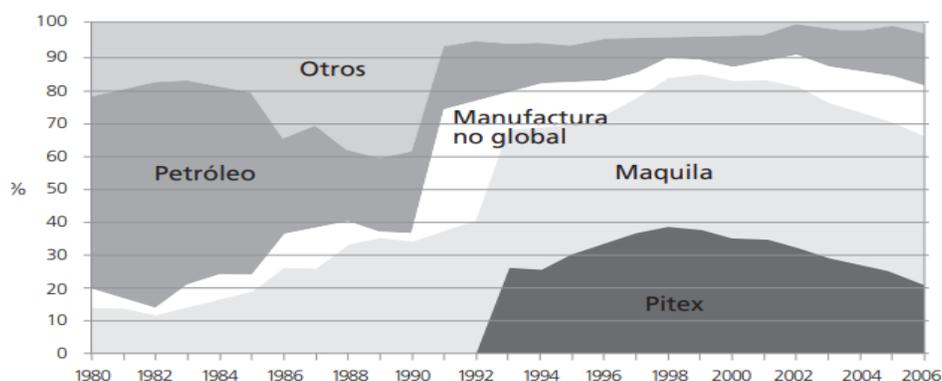
Como se ha mencionado en el capítulo anterior, la revolución digital liderada por Estados Unidos a finales del siglo pasado, aceleró en gran medida los procesos de integración mundial del comercio y los flujos de capitales, fomentando a las economías a sumarse a esta tendencia. Como una muestra de estas tendencias de integración de bloques económicos, la conformación del tratado de libre comercio de América del Norte (TLCAN), que entró en vigor en 1994, fue un acontecimiento importante para afianzar esta práctica económica que daba paso a la globalización y el liberalismo económico que lo sustentaba. Se destaca que, en ese mismo año, México se adhiere a la OCDE (OCDE, s.f.) y al año siguiente, en 1995 a la OMC (anteriormente GATT, del que era miembro desde 1986) (OMC, s.f.). Es importante recalcar este punto, ya que como se analiza más adelante, estos organismos multilaterales juegan un papel importante, dada su influencia, en la conformación de la política pública del país.

Como parte del TLCAN, México presentó una serie de reformas para adecuar las condiciones económicas a la nueva perspectiva de comercio internacional que se formó a partir de este momento y abandonó el modelo de sustitución de importaciones que caracterizó al modelo del "milagro mexicano". Con esto, la economía mexicana emprendía su camino de integración a las cadenas de valor globales.

Esto se reflejó en cambios profundos dentro de la estructura productiva de la economía mexicana. La relación comercial con EUA y Canadá abrió el camino para que las industrias maquiladoras y manufactureras mexicanas y de filiales de otros países dentro del territorio, tuvieran un repunte muy importante en su participación de la generación de producto. Una de las vías que se fomentaron para lograr este cometido fue el Programa de Importación temporal para producir artículos de exportación (Pitex), como se observa en la siguiente gráfica (2.1).

Hasta antes de la década de 1990, antes de encaminar la apertura comercial, las exportaciones se componían principalmente por los productos petroleros, pero a partir de esta década, se observa un cambio muy importante en estos componentes, ya que la maquila se vuelve el principal producto de exportación de la economía, con un descenso muy importante de la participación de la exportación petrolera, factor importante para los ingresos del Estado. *El comercio internacional* es a partir de esta década el *principal objetivo de la práctica económica mexicana*.

Gráfica 2.1 La estructura de las exportaciones en México



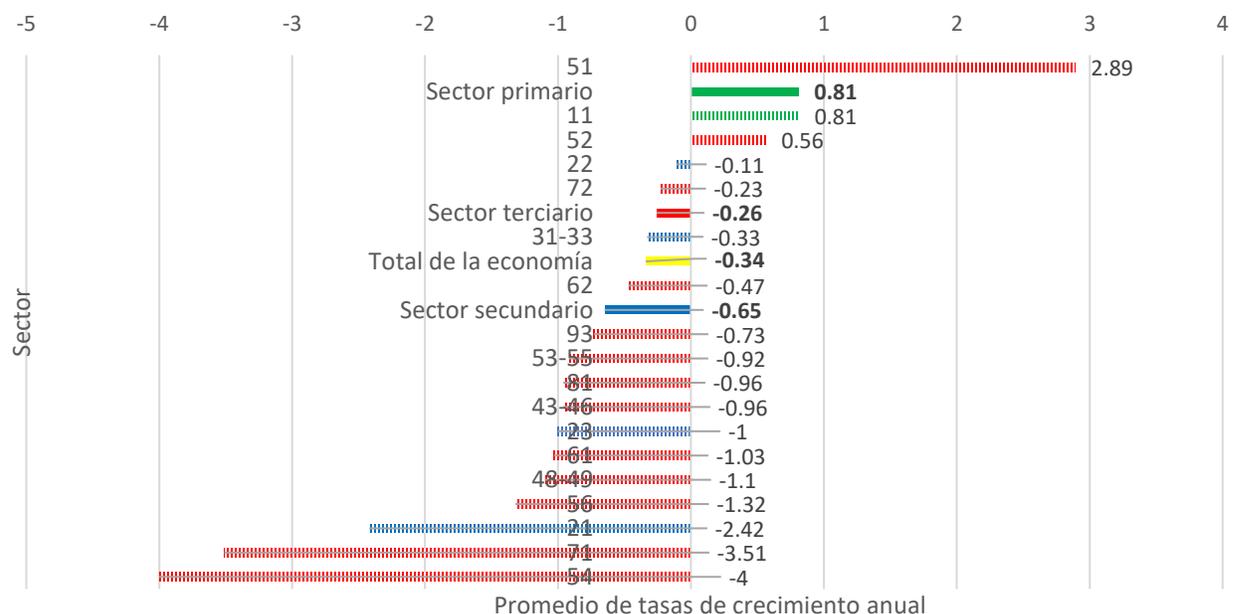
Retomado de: (Dutrénit, Capdeville, Corona Alcantar, Santiago, & Vera-Cruz, 2010, pág. 27)

A pesar de que esto fue un fuerte impulso inicialmente a la actividad económica, no representó una mejora en las condiciones productivas del aparato industrial y comercial, de hecho, se presenta un retroceso de la productividad de los factores, que se resiente en las condiciones de generación de riqueza, y que representa uno de los principales problemas de la economía mexicana que es el crecimiento.

Como se observa en la siguiente gráfica (2.2), este retroceso en la productividad de la economía (-0.34 %) se presenta principalmente en el sector terciario, entre ellos el ramo 54 correspondiente a servicios profesionales, científicos y técnicos. En contraste, el sector primario tuvo una mejora de la productividad de los factores, al igual que el sector 52, de servicios financieros, así como el sector 51, de comunicaciones en medios masivos-

Como punto principal, se puede observar que en los ramos de industrias manufactureras (31-33), una de las principales actividades económicas en cuanto a la creación de valor, presentó un retroceso de su productividad de -0.65%, como promedio durante el periodo que se considera en la gráfica. Con este panorama, se debe cuestionar el tipo de industrias que se benefician con la apertura comercial, ya que no se presentó un cambio que beneficie las condiciones de productividad para el desarrollo económico.

Gráfica 2.2. Productividad total de los factores por sector de actividad económica en México. Promedio de tasa de crecimiento porcentual anual (1991-2017)



Fuente: (INEGI, s.f.)

Sector primario

11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza

Sector secundario

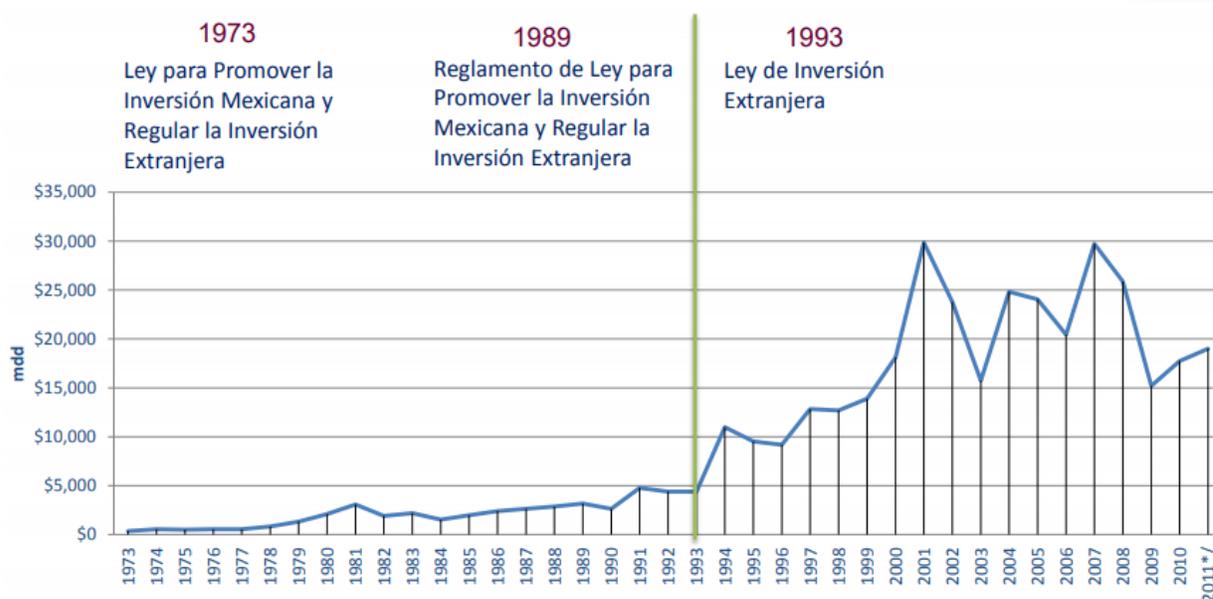
21 Minería

22 Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final

- 23 Construcción
 - 31-33 Industrias manufactureras
 - Sector terciario
 - 43-46 Comercio
 - 48-49 Transportes, correos y almacenamiento
 - 51 Información en medios masivos
 - 52 Servicios financieros y de seguros
 - 53-55 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles, corporativos
 - 54 Servicios profesionales, científicos y técnicos
 - 56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación
 - 61 Servicios educativos
 - 62 Servicios de salud y de asistencia social
 - 71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
 - 72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
 - 81 Otros servicios excepto actividades gubernamentales
 - 93 Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales
-

La reconversión estructural de la industria mexicana se presenta de esta manera por la creciente participación de la inversión extranjera, ya sea en cartera o directa, esta última mediante la creación de plantas maquiladoras, o la compra de activos financieros de empresas nacionales por capital extranjero, mediante la disposición de la Ley de Inversión Extranjera que entró en vigor en 1993 y preámbulo de la entrada del TLCAN, como se observa en la siguiente gráfica (2.3).

Gráfica 2.3 Inversión Extranjera Directa en México 1973-2011



Retomado de: (Secretaría de Economía, 2011)

Como se mencionó, esto benefició a las industrias maquiladoras, principalmente las industrias registradas por medio del programa (PITEX), o de generación de productos para exportación intrafirma o ensamblaje, como la automotriz y electrónica (Gráfica 2.1), que son intensivas en capital de media tecnología y trabajo no especializado, por lo que las variaciones de la productividad observadas obedecen a este tipo de actividades económicas beneficiadas con estas políticas.

Pero estos cambios también se reflejaron en los objetivos del Estado y la política fiscal y monetaria, ya que como se observa en la gráfica anterior (2.3), dada la creciente entrada de capital extranjero, se presenta como una necesidad mantener condiciones macroeconómicas estables, bajo endeudamiento público, inflación controlada y tasas de interés más atractivas para la entrada de capital financiero. *La inversión extranjera se convirtió en el motor de la economía*, dejando de lado al Estado. Este último, por medio de los instrumentos de la políticas fiscal y monetaria, solo vela por mantener estas condiciones, como se describió en el capítulo anterior.

Bajo este contexto, en 2001, se presentaron las primeras iniciativas para la conformación del Sistema de Innovación, y que como se observa más adelante, por motivo de la entonces estrategia económica y los objetivos de las políticas implementadas, se ha frenado una planeación integral de fomento industrial y CyT, como se ilustró en el Esquema 1.4.

Derivado de lo anterior, es importante identificar las necesidades y características del sistema económico que generan este fenómeno de improductividad de los factores, a la vez de identificar el tipo de actividades económicas que favorecen a esta condición. Por esto, es importante retomar la cuestión de la integración de la CyT en la práctica económica, para lo que el Estado debe ser el catalizador de esta integración de las actividades de investigación y la industria.

2.2. Políticas entorno a la generación de Ciencia y Tecnología

De acuerdo al periodo de análisis, se retoman los últimos tres sexenios, que abarca del periodo de 2000 a 2018. Se parte de las condiciones en materia de CyT de cada periodo, y la definición objetivos y las estrategias planeadas en cada caso, lo que

ayuda a determinar, por medio de comparar la situación a principio y final del periodo de estudio, si se han generado avances significativos por medio de implementación de acciones focalizadas o se mantiene, más bien, un estatus de poco desarrollo o estancamiento en esta temática.

En cada sexenio se elabora un Plan Especial de Ciencia y Tecnología e Innovación (PECITI), que sirve como documento rector en el periodo para la implementación de las políticas, programas y estrategias que se llevan a cabo para incentivar el uso y creación de ciencia y tecnología, por lo que, para el objetivo planteado, permite describir cómo ha evolucionado el SNCTI.

2.2.1 El arreglo institucional: estrategias y objetivos

El primer periodo de análisis corresponde con el sexenio de 2001 a 2006, que marca un antes y después del Sistema de Innovación mexicano, ya que bajo el nuevo esquema político y económico que se tomó, se planeaba una mayor centralización y organización de las actividades de CyT.

Para el análisis de la evolución institucional y organizacional del Sistema de Innovación, se retoman en cada periodo sexenal el diagnóstico que se realizó de este sistema, con motivo de identificar sus necesidades para el inicio de cada sexenio, lo que permite determinar las problemáticas que se buscan resolver por medio de la política científica del Estado, la forma en que se justifica estas estrategias y los resultados obtenidos de estas medidas.

Tabla 2.1. Diagnostico PECyT 2001-2006

- No hay unidad de procesos de planeación, programación y evaluación.
- No existe un presupuesto nacional de ciencia y tecnología con orientación estratégica y programática.
- No hay movilidad para los investigadores entre las instituciones.
- No hay un Gabinete de Ciencia y Tecnología.
- No se tiene una entidad que planifique, presupueste y coordine el gasto federal de una manera integral. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología opera sólo una fracción pequeña (13%) del gasto federal en este campo
- En materia de política para ciencia y tecnología, México ha desarrollado medidas diversas cuya acción no ha sido duradera ni se han planteado siguiendo una estrategia nacional consistente ni transexenal.

Tabla 2.1. Diagnostico PECyT 2001-2006

- México no ha emprendido un ejercicio prospectivo a escala nacional que conduzca a la selección de áreas científicas y tecnológicas clave en las cuales se acentúen los esfuerzos de asignación de recursos.

Fuente: (CONACYT, 2001, págs. 34-74)

Es en este periodo se sientan las bases para la creación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCyT, posteriormente SNCTI), mediante la conformación de programas, estrategias y la determinación de los agentes que están relacionados directamente con este ecosistema.

Con la promulgación de la Ley de Ciencia y Tecnología (LCyT) en 2002, y le designación de CONACYT como entidad coordinadora, se da forma a una política de CyT que, hasta antes de esto, no contaba con mecanismos exclusivos para su promoción, evaluación y mejora. Con ello, se destina un presupuesto exclusivo a esta entidad, CONACYT (ramo 38), ya que anteriormente su financiamiento estaba ligado a recursos destinados por parte de la SEP.

Se presenta un proceso de centralización de planeación de programas, recursos y mecanismos de incentivos de las actividades de investigación científica bajo la coordinación de esta entidad, y que conlleva un arreglo distinto del esquema que se venía presentando en sexenios anteriores, donde la actividad de investigación estaba dispersa entre las secretarías y dependencias gubernamentales. Además de que se facilita la instrumentación de los Fondos CONACYT, al no requerir aprobación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y se da una mayor autonomía a los Centro Públicos de Investigación (CPI) (Diario Oficial de la Federación , 2017).

Con este nuevo arreglo institucional, se presentan también las siguientes instancias de coordinación:

Tabla 2.2. Instancias de coordinación y organismos relacionados con el diagnóstico y promoción de la ciencia

-Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Funge como instancia coordinadora entre las distintas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que realizan tareas en materia de Ciencia y Tecnología

Representación

- Presidente de la República
- Titulares de las Secretarías de Relaciones Exteriores; Hacienda y Crédito Público; Medio Ambiente y Recursos Naturales; Energía; Economía; Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transporte; Educación Pública y Salud.
- CONACYT.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Academia Mexicana de Ciencias.
- Conferencia Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Tres representantes del sector productivo.
- Sistema de Centros Públicos de Investigación.
- Universidades

-Foro Consultivo Científico y Tecnológico. Órgano asesor y de consulta en materia de ciencia de las Cámaras de Diputados y Senadores.

Representación

- Academia Mexicana de Ciencias
- Universidades
- Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos
- Academia de Ingeniería de México
- Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología
- Academia Mexicana de la Lengua
- Consejo Mexicano de Ciencias Sociales
- Academia Mexicana de Historia
- Academia Nacional de Medicina de México
- Confederación Patronal de la República Mexicana
- Cámara Nacional de la Industria de Transformación
- CONACYT

-Conferencia Nacional de Ciencia y Tecnología. Funge como instancia de coordinación entre los gobiernos estatales y CONACYT

Fuente: (Diario Oficial de la Federación , 2017)

(Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., s.f.)

(Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2002 (Última reforma 08-12-2015))

El tema de la vinculación es uno de los puntos más problemáticos que se han presentado dentro del Sistema de Innovación mexicano, y es que, la falta de claridad en los objetivos y acciones o el incumplimiento de los mismos no permite una correcta coordinación entre las distintas esferas del Sistema, lo que repercute sobre el alcance de las políticas implementadas, como se analiza más adelante.

Es importante destacar que las iniciativas de instancias de coordinación que se mencionan anteriormente (Tabla 2.2) pretenden abarcar a todas las esferas involucradas en el ecosistema de innovación: gobierno, académica y sector productivo, como se observa, se cuenta con las confederaciones patronales e industriales más representativas del país, múltiple representación de las academias, CPI y universidades del país, además de los diferentes niveles de gobierno y dependencias. A pesar de que se cuentan con estos mecanismos, se mantiene la falta de integración de los agentes involucrados en el sistema, y existe una desconexión de las actividades científicas de las actividades productivas, como se contempla durante todo el periodo de análisis, ya que no se presenta una sinergia productiva, sino, más bien, una cooperación esporádica.

Esta política científica, se basa principalmente bajo una perspectiva de imitación de prácticas ejemplares de desarrollo tecnológico de otros países, que como se verá más adelante, bajo el contexto de incorporación a los mercados globales, también se adoptaron las tendencias de teoría económica en auge, como lo fue el caso de los Sistemas de Innovación, teniendo como ejemplo el caso de las políticas científicas de Estados Unidos que impulso desde la década de los 70's (Tabla 2.6).

Tabla 2.3. Diagnostico PECITI 2008-2012

- México no ha podido colocar a la CTI en correspondencia con la dimensión de su economía.
- En el reporte 2006 del Foro Económico Mundial, que considera a 125 países, el indicador de Educación Superior y Capacitación ubica al país en el lugar 71; el de Disponibilidad Tecnológica en el lugar 56; y el de Innovación en el lugar 58.
- Se requiere el diseño de políticas públicas que den un mayor énfasis a la productividad, calidad e innovación.
- Es imprescindible reforzar las condiciones para mejorar la articulación entre los diferentes actores del Sistema.

Tabla 2.3. Diagnostico PECITI 2008-2012

- Es necesario simplificar considerablemente los mecanismos de colaboración con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como con las entidades federativas y los municipios, para hacer eficiente el ciclo que va desde la publicación de las convocatorias hasta la asignación de los recursos presupuestales a los proyectos aprobados.
- Existe un desequilibrio entre los programas de apoyo al sector empresarial, ya que los incentivos de fomento directo a la IDE y la innovación son poco representativos respecto a los estímulos fiscales.
- El financiamiento ha sido insuficiente para alcanzar niveles mundialmente competitivos en actividades de CTI.
- El limitado apoyo a proyectos científicos y tecnológicos reduce las actividades de investigación de la comunidad científica y tecnológica del país, y dificulta el avance académico de los estudiantes de posgrado.
- México tiene un rezago importante en infraestructura
- El Distrito Federal y ocho entidades federativas concentran alrededor del 80% de los apoyos que otorga el CONACYT, por lo que se busca descentralizar las actividades científicas a más entidades del país
- En México hay un número creciente, aunque insuficiente, de personas dedicadas a la CTI.

Fuente: (CONACYT, 2008, págs. 12-37)

Ante la falta de integración de las políticas económicas sustantivas con las políticas científicas, principalmente por la ausencia de una política de fomento industrial o productivo nacional, se destaca que, después de cumplir un periodo sexenal el Sistema de Innovación, las condiciones dentro del ecosistema no tuvieron un avance significativo, como se observa en la tabla anterior (2.3), al presentarse un diagnóstico similar al sexenio anterior, con la diferencia de que, para este periodo, se cuenta con una instancia coordinadora encargada de la conducción de la política científica, que a consideración del arreglo institucional, es un paso importante.

Como consecuencia, durante este periodo se llevaron a cabo múltiples reformas a la LCyT (prácticamente todos los capítulos) como el diseño de los fondos y programas de estímulo a la innovación (se sustituyó el Programa de Estímulos Fiscales por el Programa de Estímulos a la Innovación), las estrategias para la descentralización de las actividades científicas de la Ciudad de México, Jalisco y Nuevo León a otros estados y ciudades de la República, y cambios normativos referentes a la promoción científica, lo que delinea aún más las funciones y facultaba con nuevas misiones a CONACYT dentro del sistema.

Se destaca que, con la revisión de los planes de estos dos periodos sexenales, se presentó en ambos casos un programa a mediano plazo que establece metas temporales para llegar a un objetivo significativo en cuanto a los indicadores de inversión en ciencia con límite en 2025 y 2030 respectivamente, que se divide en 4 periodos (número de sexenios), en el que se progresa de acuerdo a fases de esfuerzo para innovación, en el que se pretendía alcanzar para el punto crítico una inversión de 3.5% como porcentaje del PIB en CyT. Este programa se basaba en una propuesta realizada por la OCDE que define estas metas temporales (CONACYT, 2008) y que es un punto significativo, ya que refleja la tendencia de las políticas científicas implementadas, *una política enunciativa basada en recomendaciones de organismos internacionales*. Al no alcanzar dicha meta, permite concluir que no se establecieron las bases necesarias ni el programa de políticas adecuado para cumplir con dicho objetivo.

Un punto importante que se presentó en este periodo en materia de desarrollo de investigación e infraestructura en biotecnología es la creación del fondo CIBIOGEM, a la par de la designación de otras áreas de oportunidad entre las distintas ramas científicas y tecnológicas como puntos prioritarios para los objetivos de la política científica. Además de esto, se ha apoyado la conformación de varios clústeres, CPI y programas de investigación en biotecnología, políticas relevantes dentro de la oferta de infraestructura en CyT, pero que deja de lado una integración más eficiente con la esfera productiva, como se verá en el siguiente capítulo. A pesar de esto, se enmarca un área de oportunidad muy importante para el ecosistema de innovación.

Se observa también, la continuidad del esquema del Sistema de Innovación planteado en el sexenio anterior, ya que los medios o agentes de vinculación no cambian, incluso se concentran más actividades de promoción científica bajo la figura de CONACYT.

A pesar de que se presentaron cambios importantes en el esquema de instrumentos de política y planeación, esto no abordó de manera profunda la falta de adecuación de la estructura del SNCTI, principalmente mediante el replanteamiento de las premisas que sustentan al mismo sistema y la visión propia del Estado dentro de la

actividad económica. Se mantiene una lógica de políticas de incentivos a la iniciativa privada y actividades científicas que no cuentan con el apoyo financiero suficiente para tener una salida a mercado. Como se resalta en uno de los puntos de la tabla anterior *“El limitado apoyo a proyectos científicos y tecnológicos reduce las actividades de investigación de la comunidad científica y tecnológica del país, y dificulta el avance académico de los estudiantes de posgrado”*.

Se puede concluir que la fase de inversión para CyT se mantiene durante este periodo en *fase de incertidumbre, con un Estado que mantiene la inversión de CyT*, actividades científicas esporádicas y una iniciativa empresarial poco interesada en estas actividades.

La desvinculación de los agentes del ecosistema de innovación también tiene otras consecuencias, ya que no se cuenta con un esquema claro entorno al alcance de los beneficios sociales de los programas federales, lo que en buena medida se refleja en el apartamiento de las actividades y actores que generan CyT de la sociedad y la falta de cultura de innovación, investigación y promoción científica.

Tabla 2.4. Diagnostico PECITI 2014-2018

- La proporción GIDE/PIB para México se ha quedado prácticamente constante durante años sin rebasar el 0.5%.
- La proporción de investigadores en México por cada mil integrantes de la Población Económicamente Activa (PEA) fue de 0.9.
- Las estrategias para la absorción de capital humano de investigación son poco claras.
- En México se requiere fortalecer la infraestructura de CTI a través de la creación y consolidación de clústers, tecnopolos, parques científico-tecnológicos (físicos o virtuales) y nuevos centros de investigación, que fortalezcan el desarrollo regional y que propicien la colaboración con grupos de investigación de otros países.
- Con el propósito de superar los desequilibrios regionales, resulta necesario racionalizar los recursos entregados a las entidades.
- La inversión pública estatal en CTI depende principalmente del Gobierno Federal a través de sus principales programas y fondos.
- Rezago del país en términos de competitividad e innovación (posición 55 de acuerdo con el Índice Global de Competitividad del Foro Económico Mundial y bajos niveles en actividades de IDE e innovación de acuerdo con la ESIDET 2012)

Tabla 2.4. Diagnostico PECITI 2014-2018

- En esta etapa de desarrollo se requiere alcanzar una masa crítica de empresas con perfil innovador, para lo cual es necesaria una política pública que considere a los distintos tipos y tamaños de empresas y la creación de redes empresariales.
- En cuanto a la capacitación empresarial, en México los sistemas de apoyo se encuentran en fase de desarrollo. Como en el resto de Latinoamérica, las incubadoras y aceleradoras tienden a estar más cerca de las IES y CPI que de las empresas innovadoras líderes.
- Los emprendimientos de base tecnológica carecen de suficiente acceso al crédito, especialmente en la fase de gestación y creación de empresas.
- El comercio exterior de BAT (Bienes de Alta Tecnología) ha mostrado un gran dinamismo en los últimos años para nuestro país; sin embargo, el 83.3% de las exportaciones son llevadas a cabo por empresas maquiladoras, en las cuales el contenido tecnológico nacional representa una pequeña fracción de su manufactura. Adicionalmente, se tiene que el 7.8% son operaciones temporales, y solo 8.9% corresponde a las exportaciones definitivas.

Fuente: (CONACYT, 2014, págs. 17-40)

En este plan sexenal no se presentan cambios significativos de las estrategias que se plantearon durante el sexenio anterior, destacando que los avances tanto en materia de inversión en Investigación y Desarrollo Experimental (IDE), inversión privada, formación y colocación de recursos humanos, mejora de procesos de vinculación entre los diferentes agentes involucrados, infraestructura, descentralización de recursos, se repiten como elementos centrales que se deben abordar desde las prioridades de CONACYT.

Esto se ve reflejado en los índices comparativos a nivel mundial, como el Índice Global de Competitividad e Innovación, donde México se ubicó a principios de 2006 en el lugar 58 y para 2014 se mantiene en la posición 55 de 129 países (Tabla 2.3 y 2.4), los resultados obtenidos de las políticas y estrategias seguidas no presentaron mejores condiciones estructurales para el ecosistema de innovación.

Como se ha argumentado, el limitado el alcance de las políticas científicas se presenta por la falta de integración de estas y los programas que aborden necesidades o problemáticas sociales específicas y con mayor trascendencia, provocando que el SNCTI no haya evolucionado de acuerdo a las necesidades del ecosistema de innovación, más bien, se ha priorizado en cambios de programas y

fondos financieros sin tener una perspectiva de reorganización de las estrategias para incentivar el desarrollo científico junto a otros campos sustantivos de la economía. Esto, bajo las características del esquema productivo del país, conduce a una de las principales problemáticas del Sistema, que es la falta de liderazgo para consolidar una idea más concreta del arreglo que es necesario y que se relaciona directamente con la poca iniciativa del Estado por conducir estas políticas.

Esto nos lleva a retomar y analizar el tipo de relación entre los actores del ecosistema de innovación que se prestan bajo estas condiciones, ya que, no se erige como una relación eficiente, a pesar de que, por medio de varios programas implementados, como los programas de estímulos fiscales y de estímulos a la innovación, se procura incentivar una sinergia positiva de cooperación, y en el que se busca también involucrar a los CPI y las IES. Esto se presenta así precisamente por la falta de conducción de las políticas y la falta de precisión de las condiciones productivas del país, que como se describe en el capítulo anterior, en la fase de desarrollo tecnológico en el que se encuentra la economía mexicana, se puede identificar que *la inversión en CyT aún se encuentran en el terreno de incertidumbre*, y más bien, se apuesta por agentes disruptivos, empresas y creadores tecnológicos altamente innovadores, pero dada la naturaleza de estos, son muy esporádicos y, aunado al poco apoyo financiero para proyectos e infraestructura, se reduce aún más la probabilidad de que se presenten este tipo de agentes.

La evolución del sistema de innovación se ha estancado, por lo que es necesario que se replantee no sólo la lógica de la política científica del Estado, sino también, la política económica y productiva en general, ya que, una política científica que no está fundamentada en la vida económica del país, que no está integrada con las políticas sustantivas que aborden problemáticas trascendentales, y que tiende a la subvención al capital, aunado al poco financiamiento que se otorga a la investigación básica y aplicada, son algunos elementos que impiden que los beneficios que se derivan de la investigación se vean reflejados en el aparato productivo y finalmente sobre la sociedad.

Esquema 2.2 Evolución del Sistema de Innovación mexicano.

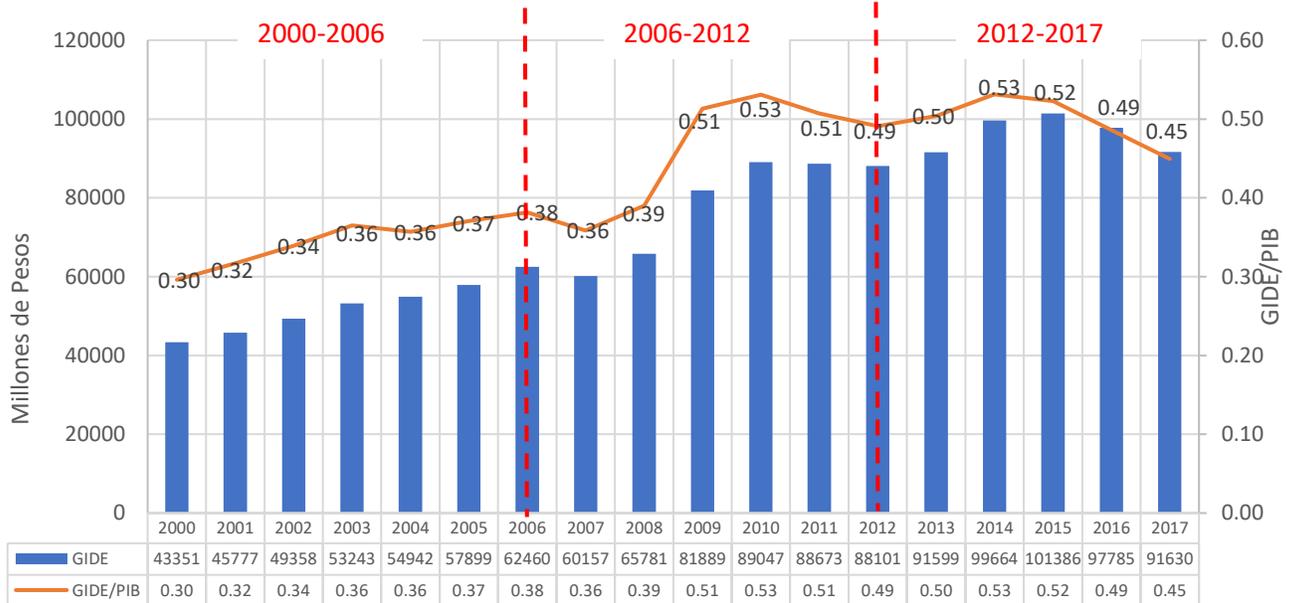


Es importante, por este motivo, identificar los factores dentro del arreglo institucional sobre el que está fundamentado el Sistema de Innovación y determinar qué elementos no se están abordando, y que precisamente, están frenando el desarrollo científico y que limitan el potencial del Sistema.

2.2.2 La inversión pública en CyT

Con respecto al esfuerzo de inversión pública, se destaca que durante el primer periodo sexenal faltó consolidar una estrategia de programas y objetivos financieros que se asentara programáticamente e incrementara progresivamente este tipo de inversión, ya que el nivel de inversión en GIDE durante el periodo permaneció sin cambios importantes, empezando el periodo en 0.30% con relación al PIB y terminando en 0.37% (Gráfica 2.4).

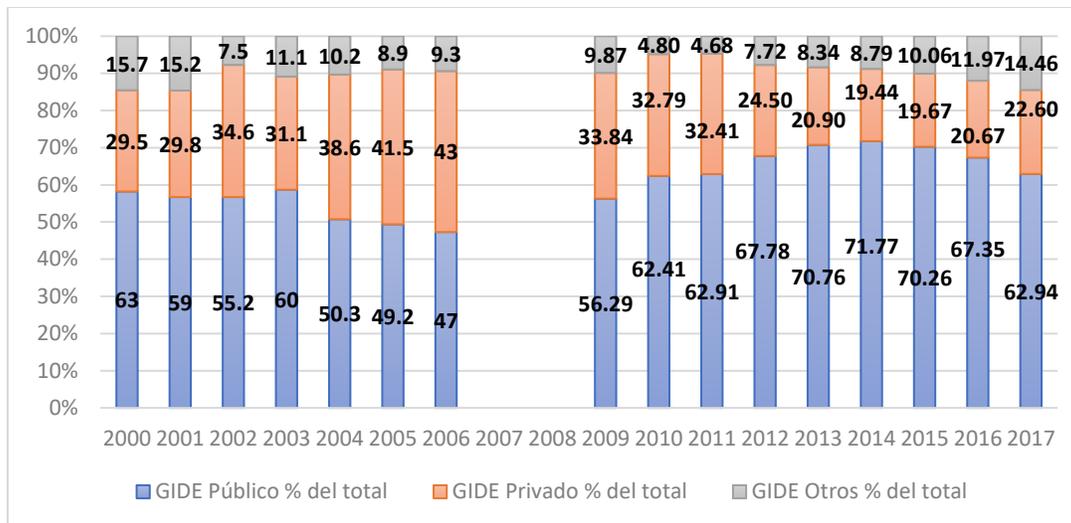
Gráfica 2.4 GIDE, millones de pesos. Precios constantes de 2016



Fuente: Elaboración propia con base en (CONACYT, 2007), (CONACYT, 2008), (CONACYT, 2009), (CONACYT, 2010), (CONACYT, 2011), (CONACYT, 2012), (CONACYT, 2013), (CONACYT, 2014), (CONACYT, 2015), (CONACYT, 2016) y (CONACYT, 2017).

No es hasta el siguiente periodo (2006-2012) que se presenta un esquema de incremento de inversión más progresivo, el GIDE tiene el incremento más significativo de todo el periodo de análisis, esto como resultado de los esfuerzos en este tipo de financiamiento por el sector público y los CPI, pero contraria a esta tendencia, el gasto en investigación y desarrollo de la iniciativa privada disminuye considerablemente, casi 10 puntos porcentuales de su participación con respecto al total del GIDE, pasando de representar casi el 34% en 2009 a solo 24.5% en 2012 (Gráfica 2.5).

Gráfica 2.5 Participación porcentual por agente en inversión GIDE



Fuente: Elaboración propia con base en (CONACYT, 2007), (CONACYT, 2008), (CONACYT, 2009), (CONACYT, 2010), (CONACYT, 2011), (CONACYT, 2012), (CONACYT, 2013), (CONACYT, 2014), (CONACYT, 2015), (CONACYT, 2016), (CONACYT, 2017).

El incremento en la inversión federal en GIDE que se presenta en este sexenio, se puede ver reflejado en el aumento de programas federales destinados a este fin, muchos de los cuales permanecen durante el siguiente periodo de análisis y se mantienen como las principales herramientas de promoción tecnológica del Sistema. Los programas más importantes que se crearon o se apuntalaron durante este periodo 2006-2012 se observan en la siguiente Tabla (2.5).

Tabla 2.5. Programas federales entorno a la política de promoción de Investigación, Desarrollo e Innovación creados sexenio 2006-2012
<ul style="list-style-type: none"> - Programa de estímulo a la Innovación, PEI (creado en 2007) - Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación, FORDECYT (creado en 2009) - Programa de Laboratorios Nacionales (creado en 2006) - Fondo Sectorial de Innovación, FINNOVA (creado en 2010) - Fondo CIBIOGEM (<i>dedicado exclusivamente a la investigación en biotecnología</i>) (creado en 2009) - Fondos Mixtos, CONACYT-Gobiernos estatales y municipales (Creado en 2001, pero en 2006 se presenta un importante incremento de financiamiento para este fondo, de más de 300%, con respecto al sexenio anterior)
Fuentes: Elaboración propia

Como se puede observar, estos programas se plantearon como soluciones a las problemáticas que se enumeran los diagnósticos analizados anteriormente, pero a consideración de los resultados que se observan en el siguiente periodo, las estrategias planteadas y la forma de asignación de los recursos aún no han logrado apuntalar las actividades de CyT. Esto principalmente por la falta de sinergia que se presenta ante las iniciativas del Estado y la esfera industrial, como se ha mencionado, ya que si bien, se incrementó el presupuesto para el gasto en CyT, estos recursos e instrumentos de promoción están más enfocados a la esfera académica (principalmente mediante actividades de investigación no orientada) y en menor medida a pequeñas empresas innovadoras, que suelen tener un ciclo de vida muy cortos, y que incluso, no cuentan con los medios y condiciones necesarias para aplicar a este tipo de estímulos, lo que hace ineficiente la distribución y uso de recursos de los programas enfocados a incentivar la innovación.

En el último sexenio se presentó un esfuerzo para mantener una misma estructura en programas, estrategias y acciones que se crearon en el sexenio anterior, pero ante una fuerte dependencia de la disponibilidad de recursos públicos, y una caída en los ingresos petroleros en este sexenio, se vio reducido el financiamiento para sostener el incremento de gasto en CyT, e incluso se redujo hacia el final del periodo.

Esto denota condiciones muy limitadas para el ecosistema de innovación, ya que la inversión generada por el sector privado y por los centros públicos de investigación, es menos de la mitad del total del GIDE en todo el periodo de análisis, lo que demuestra la precariedad del esquema de asignación de recursos financieros y la poca consistencia de acuerdo con el objetivo de alcanzar viabilidad financiera para sostener las actividades de investigación y creación de productos tecnológicos y más ciclos de innovación, y de esta forma, aumentar progresivamente el gasto en CyT con la participación de todos los agentes involucrados.

2.2.3 Regulación en biotecnología

Teniendo como punto de partida las condiciones analizadas sobre las que se sustenta el ecosistema de innovación, es importante abordar de manera más

especifica los cambios que se han presentado en materia de biotecnología, en un tema que es tan importante para incentivar esta ciencia: la regulación y propiedad intelectual.

Las figuras más importantes que dan pie al marco jurídico en cuanto a la regulación de medicamentos en México se refiere son: la Cámara de Senadores y la Cámara de Diputados, como órganos legislativos; la Comisión Federal para Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la Comisión Nacional de Mejora Regulatoria (COFEMER) y la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal (CJEF), como órganos regulatorios; y la Ley General de Salud (LGS) y el Reglamento de Insumos para la Salud (RIS), como la legislación regulatoria (López Silva, 2012).

Los medicamentos biotecnológicos presentan características muy diferentes sobre los medicamentos químicos tradicionales, lo que repercute directamente sobre su regulación y temas propiedad intelectual. Una de las principales diferencias se encuentra en la forma de obtención de los mismos. Los medicamentos químicos, como su nombre lo indica, son obtenidos a base de compuestos químicos, que suelen consistir en moléculas pequeñas de estructura sencilla. Los medicamentos biotecnológicos son obtenidos a base de organismos vivos y con técnicas de biología molecular, que consisten en moléculas más grandes y de mayor complejidad. Esto denota una diferencia fundamental para considerarse en criterios de evaluación, ya que el primero puede ser replicado con mayor facilidad que el segundo, lo que requiere que se adopten reglas de operación y legislaciones distintas conforme a la ya creada para medicamentos químicos convencionales. Se puede resumir de la siguiente forma: mientras un medicamento químico es replicable al obtener el compuesto del que se produce, para un medicamento biotecnológico es necesario conocer el proceso de producción, ya que cualquier variación o cambio en el mismo puede afectar severamente su obtención (López Silva, 2012).

En vista de lo anterior, desde la década de 1990 en México se llevaron a cabo reformas legales para regular los medicamentos biotecnológicos innovadores, esto ante la introducción de los mismos al mercado global y el avance de las

investigaciones de farmacéuticas estadounidenses, y en 1997 la LGS en México se adecuó completamente para contemplar los medicamentos biotecnológicos. Un avance importante se presenta en 1998, cuando en el RIS se crean disposiciones sobre lo que es un biofármaco y biomedicamento, así como los requisitos para su evaluación, aprobación y liberación de lotes (López Silva, 2012).

Aunado a esto, en 1997 México se unió al convenio de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales en 1997, que prevé la forma de protección intelectual del proceso de fitomejoramiento, u obtención de nuevas variedades vegetales. Esto al amparo de la participación y adhesión de los mecanismos de protección intelectual a los estándares internacionales, impulsados por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) (Relaciones Exteriores, s.f.)

Aun con esto, dada la complejidad de la determinación de biocomparables en lo que se refiere a medicamentos biotecnológicos, y lo que representaba la dificultad de catalogar la regulación de medicamentos de entrada subsecuente, estos últimos como su nombre lo indica, son medicamentos que toman de base para su producción un medicamento con patente vencida, se necesitaban nuevas herramientas y legislaciones que ayudara con estas definiciones. En 2005 la Unión Europea implementó directrices para regular este campo. De la misma forma, en 2007 se inicia la discusión de la modificación de la legislación mexicana para contemplar este caso, y en 2009 se reformó la LGS, para regular el mercado de medicamentos de entrada subsecuente y los denominó “*biocomparables*” (López Silva, 2012). En ese mismo año, México presidió el Comité Intergubernamental sobre Propiedad Intelectual y Recursos Genéticos, Conocimiento y Folklore.

En 2007, el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI) firmó un acuerdo con la OMPI, para el intercambio y utilización de información sobre patentes, que daba disposición de la información de patentes registrada en la IMPI a su búsqueda por medio de la herramienta “PatentScope”, para apertura internacional (OMPI, 2007).

Con todo esto, se dio un paso muy importante en cuanto a materia de regulación se refiere, pero a consideración de otros aspectos como los analizados anteriormente,

el arreglo institucional y el esfuerzo financiero, se avanza de forma desorganizada. Si bien, en el sexenio de 2006 a 2012 se presentaron estrategias uniformes, en cuanto a la regulación, arreglos institucionales e iniciativas de incrementar el esfuerzo de inversión tecnológica, como se reitera anteriormente, no se cimienta una base que sustente esta integración, ya que las políticas en CyT dependen del esfuerzo del Estado en gasto, y al no crearse mecanismos para mantener un crecimiento progresivo del mismo, ante dificultades financieras que se pueden presentar y se presentaron en años subsecuentes, que limitaron los ingresos del Estado, se pierde mucho terreno conforme a lo obtenido en el Sistema de Innovación.

Como ejemplo de lo anterior, la regulación y la propiedad intelectual es un mecanismo importante para incentivar y justamente proteger la investigación que se hace en México, pero ante un panorama que contempla disminución de los apoyos a la investigación y por ende la disminución de la calidad o cantidad de los mismos, la propiedad intelectual puede resultar en limitaciones para el desarrollo de una investigación o para la entrada a un mercado, situación que se agrava con la adhesión a organismos multilaterales, como la OMPI, que facilitan a investigadores o empresas multinacionales proteger sus resultados en el país con mayor facilidad, además de que en materia de biotecnología, como se mencionó, no solo involucra a un producto, sino a un proceso. Todo esto son factores que demuestran la falta de integración de estrategias y seguimiento de las mismas a largo plazo, aspectos que han frenado o estancado el Sistema de Innovación.

Ahora bien, es necesario repasar en que consiste el Sistema de Innovación desde el punto de vista del Estado mexicano, para poder analizar los mecanismos que se generan de las políticas y estrategias que se han mencionado, y de esta ampliar el panorama sobre los principales retos que enfrenta la CyT en México.

2.3 El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y los mecanismos de vinculación

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SNCTI), define el arreglo institucional y económico del ecosistema de innovación, y que como se ha visto,

durante estas últimas dos décadas ha recorrido un largo camino, en su tarea de fomentar la CyT en México.

Es importante generar propuestas para su conformación, ya que en la medida que se mejore el arreglo institucional y los fundamentos alrededor del SNCTI también se presentarán mejores condiciones para el desarrollo científico y, por ende, de la creación y consolidación de los productos derivados de la innovación (tecnologías, servicios, empresas de base tecnológica) dando énfasis especial a la biotecnología, ya que como se citó en el capítulo anterior, en medida de que las instituciones sean más eficientes, en cuanto a la generación de los mecanismos correctos de incentivos económicos y sociales, se presentan mejores condiciones económicas, para la creación y acumulación de riqueza y el beneficio social que conlleva (North, 1993).

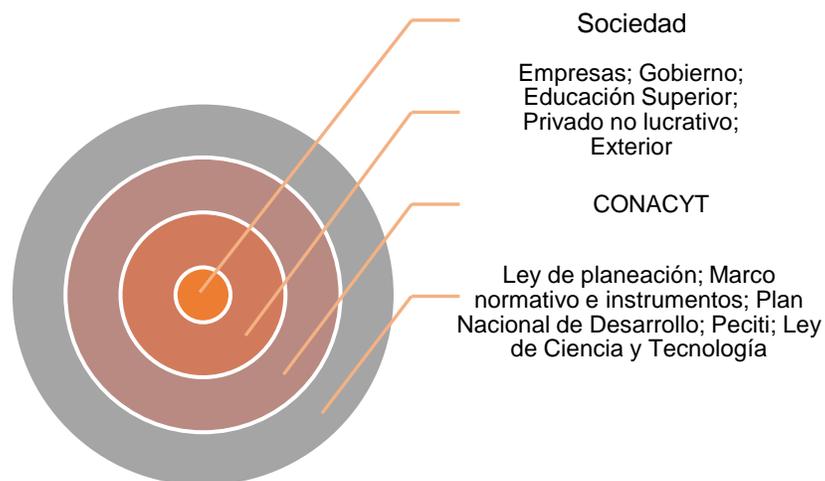
El SNCTI comprende los instrumentos de gobierno en política pública y planeación, que toma en cuenta a un conjunto de actores en tres niveles: Estatal, el sector académico y de investigación y el conjunto de empresas con actividades de ciencia, tecnología e innovación, de acuerdo a la definición del último Programa Especial de Tecnología e Innovación (PECITI 2014-2018). Es un arreglo sistémico basado en la Triple Hélice, que se describió en el capítulo anterior, en el que sus agentes tienen una relación cooperativa, pero manteniendo su autonomía de gestión y evaluación de resultados.

Este Sistema comprende los siguientes puntos definidos en la Ley de Ciencia y Tecnología de acuerdo al artículo 3, con su última reforma en el 2009 (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2002 (Última reforma 08-12-2015)):

- La política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) definida por el Consejo General
- El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como los programas sectoriales y regionales, en lo correspondiente a ciencia, tecnología e innovación

- Los principios orientadores e instrumentos legales, administrativos y económicos de apoyo a la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación establecidos en la presente Ley y otros ordenamientos
- Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que realicen actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación o de apoyo a las mismas, así como las instituciones de los sectores social y privado y gobiernos de las entidades federativas, a través de los procedimientos de concertación, coordinación, participación y vinculación conforme a la Ley y el marco reglamentario aplicable
- La Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación y las actividades de investigación científica de las universidades e instituciones de educación superior, conforme a sus disposiciones aplicables.

Esquema 2.3 Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.



Fuente: (CONACYT, 2008, pág. 18)

En este arreglo sistémico, CONACYT como coordinador del sistema, es el principal medio de vinculación, y es por medio de programas financieros y de cooperación que trata de integrar a las diferentes esferas involucradas en el ecosistema de innovación. También se encarga de la definición de prioridades de las políticas públicas y de elaborar los PECITI de cada sexenio.

Como se observa de modo representativo en el esquema anterior (2.3), el Sistema se compone de diversos niveles, partiendo del nivel superior hasta el nivel objetivo o centro. Bajo esta lógica el primer nivel, que es la base, son las reglas de operación (LCyT, PECITI) que definen las estrategias encaminadas a generar CyT y que están apegadas a los documentos que dan pie a la planeación de la actividad económica de acuerdo a la perspectiva del gobierno en turno (Plan Nacional de Desarrollo y Paquetes Económicos anuales). Posteriormente se encuentra CONACYT (segundo nivel), que como se viene mencionando, es el coordinador de las políticas entorno a la CyT y ejecuta la planeación entorno al ecosistema de innovación, y es la entidad en la que convergen los agentes involucrados directamente con la generación de CyT y la esfera productiva, que es el tercer nivel. En el último nivel, se encuentra la esfera social, y de acuerdo al esquema planteado, toda la política científica que se implementa debe tener algún beneficio que se traslade a esta esfera.

En conformidad con esto, CONACYT debe cumplir con las siguientes tareas, apegado siempre a las prioridades del ejecutivo entorno a la capacidad financiera y planeación económica, definidas en el PECYT 2001, que se enuncian a continuación (CONACYT, 2001):

1. Asesorar al Ejecutivo en CyT
2. Elaborar el programa y presupuesto nacional de CyT
3. Formular políticas y estrategias
4. Sistema Integrado de Información
5. SNI
6. Diseñar y ejecutar programas de apoyo
7. Formación de recursos humanos
8. Proyectos de Ciencia y Tecnología
9. Infraestructura
10. Cooperación internacional
11. Difusión y divulgación

Como se mencionó, se presenta un proceso de centralización de las capacidades estatales para la promoción tecnológica y de investigación, lo que favorece, de cierta

manera, las condiciones de distribución de recursos y ejecución de incentivos o programas. Con esto, se entiende que *la principal tarea de CONACYT es el de ser el administrador de los recursos financieros para la promoción de la CyT*, que cuenta con facultades para la recomendación de políticas en este rubro, pero dado su dependencia por la disponibilidad del presupuesto y la aprobación del PECITI por otros órganos de gobierno, el programa en CyT tiene algunas limitantes.

Se destaca que, derivado de esta centralización, los mecanismos de vinculación, que en este caso son los foros y consejos descritos en la Tabla 2.2, se conducen bajo la iniciativa del Estado, a pesar de que se tiene representación de todas las esferas involucradas en las actividades de innovación. *Estos mecanismos son más eficientes con ciertos agentes*, como la esfera académica, ya que el sector público y el sector académico, manejan premisas similares de incentivos, por otro lado, el sector productivo no cuenta con la representación necesaria para incorporar su iniciativa a esta sinergia.

Esto nos remite a uno de los puntos principales que se han venido abordando, se observa que *los medios de vinculación entre las esferas del Sistema de Innovación dependen directamente de la iniciativa gubernamental, pero no necesariamente son dirigidos por ella*, ya que el esquema de planeación (Esquema 2.3), muestra una separación, en lo que debería ser la unión entre la planeación de las políticas científicas y los sectores económicos, ya que, a pesar de que CONACYT, al ser el encargado de llevar a cabo esta planeación, cuenta con mecanismos de vinculación, como el Foro Consultivo (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., s.f.), se presenta *poca representación de las esferas productivas*, y esta se da *principalmente por medio de esferas productivas de grandes capitales*, ya que estos son miembros de las cámaras industriales más importantes del país, como la Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, la Confederación Patronal de la República Mexicana y la Cámara Nacional de la Industria de Transformación, que reúnen a la gran cantidad de industrias del país, pero que, como se revisaba al inicio del capítulo, *sus actividades no dependen del*

desarrollo de tecnologías, y dependen en mayor medida de entrada de capitales en cartera para mantener sus niveles de financiamiento.

Es por eso necesario incentivar otro tipo de mecanismos de vinculación con otras esferas productivas que permitan incentivar el desarrollo de tecnología como, por ejemplo, abordar de forma más directa las necesidades de pequeñas industrias tecnológicas o manufactureras que desarrollan productos o servicios de media y alta tecnología.

Esquema 2.4 Mecanismos de vinculación prioritarios en la etapa de riesgo de inversión en situación de incertidumbre.



Fuente: Elaboración Propia

Como se describió en el capítulo anterior, es importante identificar la situación de las condiciones de creación tecnológica del país, ya que, como explica Carlota Pérez (Pérez, 2004), los grandes capitales son los más aversivos a los cambios generados por una transición tecnológica, por lo que en la etapa actual de evolución del sistema de innovación mexicano, es necesario cambiar los objetivos de la política científica y los actores que pueden llevarla a cabo, en este caso, las pequeñas empresas innovativas y la comunidad académica, como se ilustra en el esquema anterior (2.4).

Si bien, se tiene una cercanía y relación más desarrollada con la comunidad académica, como se comenta más adelante, no se presenta una salida a los

resultados de investigación que generan, si no existe un consumo de los mismos, esto denota la falta de atención de las necesidades de las pequeñas empresas innovativas para que tomen el papel de producir y consumir en el mercado de los productos científicos, tener una mayor masa de agentes disruptores.

Otro de las conclusiones que se derivan de lo anterior es que, al estar concentradas las actividades de promoción científica en el ámbito académico y público, no se presentan las condiciones necesarias para sostener las actividades científicas que se mencionaron al inicio del capítulo, *la revalorización del capital*, ya que, estos *agentes no actúan acorde a la premisa de generación de ganancias monetarias*, no hay condiciones de mercado y por tanto no hay sinergia de actividades.

2.4 Las limitantes del Sistema de Innovación

El esfuerzo durante este periodo para la formulación de un Sistema de Innovación se presenta debido al ejemplo de la evolución de varias economías que adoptaron un esquema de desarrollo tecnológico, y la literatura que aborda teóricamente estos casos y que llevó a desarrollar elementos sobre la perspectiva sistémica que está alrededor de este tema. Esto se presentó a finales del siglo XX y que justamente coincide con el inicio de la planeación de la conformación del Sistema de Innovación mexicano.

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), de la cual México es miembro desde 1994 como se destacó, también participó en la promoción de esta práctica, y en 1999 realizó un estudio de las políticas entorno a la innovación de países miembros con buenos resultados empíricos, que denominó “El Esquema de las mejores prácticas” (Tabla 2.6), y que se toma como referencia para formular las estrategias encaminadas a establecer el Sistema de Innovación (Solleiro, 2007).

Si bien, como indica Solleiro, no es un documento rector para la elaboración de políticas, sirve como marco de referencia para formularlas, pero a consideración de lo que se ha mencionado, esto no ha beneficiado una buena conducción de las políticas científicas, ya que primero se dispone de los instrumentos o medidas que se van a implementar, y se aplica a un modelo de desarrollo tecnológico basado en

un Sistema de Innovación, sin tener una base de análisis de las condiciones productivas de la economía o sin una integración suficiente en la vida económica del país, como se ha presentado en México, lo que ha resultado en estrategias poco profundas y poco eficientes en cuanto al desarrollo tecnológico, como se ha analizado. Esto no quiere decir que no se deban adaptar ciertas actividades y estrategias que se mencionan en este esquema, ya que muchas de estas herramientas pueden sentar base de una planeación más completa, acorde a las necesidades que se han comentado.

En la siguiente tabla (2.6), se observan los programas y los ejemplos de los países que se toman como referencia, para articular el modelo de ejecución de los Sistemas de Innovación, y se marca también como estas se retomaron en las estrategias planteadas en los PECITI's de cada sexenio.

Tabla 2.6. El esquema de mejores prácticas de la OCDE (adaptado de OCDE, 1999)

Tema	Objetivo de la política	Instrumentos	Ejemplo de país	PECITI
Asegurar las condiciones de un marco de política adecuado	Desarrollo de recursos humanos en CyT. Cerrar las brechas de mercado en el financiamiento de la innovación.	Reformas a la educación post-secundaria. Aumento de apoyo gubernamental y de sector privado a la educación profesional. Establecimiento de un marco legal para el capital de riesgo	Austria –Promoción de estudios en Fachhochschulen. Programa de asociaciones Público/privadas de Finlandia. Hungría- Venture capital act	PECYT 2001
Construcción de una cultura de innovación	Reducir la asimetría en la información. Difundir las mejores prácticas en gestión de la innovación. Promoción de empresas innovadoras	Redes de información de negocios en internet. Financiamiento de un mayor uso de herramientas de diagnóstico y benchmarking. Inversión Pública en Capital Venture (Capital de Riesgo)	Iniciativa Canada Strategis. Bunt programme de Noruega Esquema de vigilancia tecnológica de España SBIC programme: Estados Unidos Red de incubadoras de Brasil	

Tabla 2.6. El esquema de mejores prácticas de la OCDE (adaptado de OCDE, 1999)

<p>Mejora de la difusión de tecnologías</p>	<p>Mejorar la capacidad de asimilación de las empresas. Mejorar la vinculación de PYMES con la investigación pública.</p>	<p>Co-financiamiento de consultores para mejorar las capacidades organizacionales de empresas. Cofinanciamiento de adquisición de tecnologías mediante asociaciones sector privado/sector público</p>	<p>Noruega-Bunt programme. España- Centros CDTI y Red OTRIs. Chile- FONDEF</p>	<p>PECITI 2014</p>
<p>Promoción de redes y conglomerados productivos</p>	<p>Estimular la formación de conglomerados (clusters) innovadores Asegurar una mejor vinculación entre la infraestructura de CyT y las necesidades industriales</p>	<p>Políticas de enlace y poder de compra del estado. Competencia entre regiones por fondos para iniciativas para crear clusters. Cofinanciamiento de centros de excelencia para facilitar la interacción universidad-industria. Construcción de redes entre centros públicos de investigación y empresas.</p>	<p>Holanda-Políticas de Clustering. Alemania: iniciativa Bioregio. Suecia- programa de centros de competencia NUTEK. Alemania - Modelo de cooperación BadenWürttemberg Francia- Réseaux Nationaux de la Recherche.</p>	<p>PECITI 2008 PECITI 2014</p>
<p>Crecimiento de apoyo compartido a la I&D</p>	<p>Mantener las oportunidades tecnológicas en el largo plazo Incrementar la rentabilidad social de la investigación pública</p>	<p>Aumento de la inversión pública en investigación básica. Aumento al apoyo público para I&D. Asociaciones entre sectores público y privado. Previsión y prospectiva tecnológica para la determinación de prioridades. Reforma regulatoria para la interfaz universidad-industria.</p>	<p>Japón, Corea. Finlandia. Australia Programa CRC: Austria La Sociedad y Laboratorios CD. Nueva Zelanda.</p>	<p>PECYT 2001 PECITI 2008 PECITI 2014</p>

Tabla 2.6. El esquema de mejores prácticas de la OCDE (adaptado de OCDE, 1999)

Respuesta a la globalización	Incrementar los vínculos entre empresas locales y extranjeras. Incrementar el atractivo del país para la localización de actividades basadas en conocimiento.	Construcción de redes de empresas locales competitivas. Construcción de clusters innovadores Mejora sistemática de la infraestructura de CyT	Irlanda- Programa Nacional de Vinculación	PECITI 2008 PECITI 2014
Mejora de la elaboración de políticas	Mejorar la coordinación de políticas Mejorar los sistemas de evaluación de políticas	Elevar la función de coordinación a los máximos niveles Hacer obligatoria la evaluación Desarrollo de nuevas metodologías.	Corea- Consejo de Ciencia y Tecnología Reino Unido – El Modelo ROAME-F Métodos de consulta y participación de Suiza	PECITI 2001

Retomado de: (Solleiro, 2007, págs. 51-52)

*Para la columna PECITI Diagnóstico se toma como referencia las Tablas 2.1, 2.2 y 2.4 de este documento.

De acuerdo a lo anterior, es interesante destacar que en 2004 se añadió a la LCyT la obligación del gobierno en función de alcanzar la meta de inversión en GIDE del 1% en relación al PIB (Artículo 9Bis) (Ornelas, 2008), en una distribución compartida entre el gasto Federal y privado. De hecho, si se observa la Tabla 2.4, podemos encontrar que muchas de las iniciativas, programas y proyectos que se impulsaron y se mantuvieron en el periodo de 2006-2018, se retoman de este esquema, tanto en apoyos regionales, formación de clústers, fondos mixtos y fondos sectoriales.

Con respecto a esta situación, Solleiro (2007) cuestiona el modelo que se traza para la política científica en el PECITI: “la intención del gobierno mexicano es seguir privilegiando un esquema de apoyo a la oferta de conocimientos científicos y tecnológicos, sin encarar prioritariamente el desarrollo de mecanismos para su difusión”, esto según Solleiro, se debe a que la idea del SNCTI no se refiere a una estructura institucional coherente, ya que el Sistema Nacional de Innovación que se comprende en el PECyT es un agregado de gasto de innovaciones que mejoran la competitividad de las empresas, pero que no entran en la categoría de IDE (un

ejemplo de esto puede ser la introducción de equipo computacional a un esquema productivo), más la misma IDE (que se mantiene en ciencia básica), que se genera principalmente en el ámbito académico, lo que no necesariamente representa algo nuevo en el mercado. *No existe un verdadero componente de innovación dentro de este esquema*, ya que las actividades científicas se quedan en el plano académico y las empresas no incursionan en actividades innovadoras, además de que están alejadas de las instituciones académicas y centros de investigación. *Los indicadores y sus variables no ayudan a definir correctamente la situación y resultados de las políticas encausadas*, punto fundamental si se quiere evaluar y corregir a las mismas.

Con base en estas afirmaciones, se destaca que el programa de ciencia replica un “esquema desarticulado de un Sistema Nacional de Innovación, que debe tener a la empresa como un actor principal, pero en vez de eso se favorece a las entidades del sector público y los mecanismos legales que regulan a las entidades y actividades de la ciencia y la tecnología” (Solleiro, 2007). Aunque esta relación se presenta así primordialmente por la todavía insuficiente actividad innovadora de las industrias y la desvinculación con los sectores involucrados en la investigación.

Esta perspectiva permite esclarecer el tipo de relación que se debe priorizar en el desarrollo y salida de conocimientos. Si bien, el apoyo para el financiamiento de la investigación pública es muy importante, si estos resultados no tienen una salida al mercado, esto provoca una aglomeración de oferta de conocimientos científicos, como resultado de la desvinculación entre los agentes del Sistema de Innovación. Por lo que parte importante de la planeación de los programas federales para el desarrollo de CyT debe ser la consideración de las necesidades que se abordan con la investigación, las aplicaciones de las mismas y el financiamiento, en todas las fases de investigación, para que estas lleguen al mercado.

De no abordar estos elementos, no se presenta una solución a las necesidades del sistema como: una adecuada planeación y programación de las políticas científicas, la falta de inversión y la desvinculación entre las distintas esferas del ecosistema de innovación, entre los principales puntos a considerar para construir un Sistema de

Innovación más sólida y, de esta manera. Si se mantiene el esquema actual, solo se posterga el desarrollo tecnológico en el país.

En especial, la industria de la biotecnología, por la naturaleza de la investigación, requiere un periodo considerable de investigación y desarrollo para la creación de un nuevo producto, por lo que requiere de un monto inicial de inversión importante. Pero, una vez logrando una masa crítica de innovaciones y empresas de base tecnológica, la industria privada y el capital financiero tendrán mayores incentivos y mayor confianza en este sector emergente, por lo que puede fungir como una de las principales áreas de desarrollo industrial de alta tecnología en el país. En el siguiente capítulo se abordará estas consideraciones.

2.5 Conclusiones

Las políticas científicas son necesarias para el desarrollo económico, pero para que éstas logren incentivar las actividades de desarrollo científico, deben estar sustentadas por las condiciones productivas, políticas y económicas según el contexto en el que se desarrollen, además de seguir estrategias integrales y a largo plazo.

En el caso de la economía mexicana, se presentó un cambio muy importante de práctica económica a finales del siglo XX, derivado de la apertura comercial. Esto benefició a las actividades de exportación que se concentraron en industrias intensivas en mano de obra poco especializado y tecnología media.

Bajo estas condiciones, a principios del siglo XXI, se dio forma al actual Sistema de Innovación mexicano (SNCTI), que a pesar de que surgió como una política para la mejora para la productividad de la actividad industrial, que fue en incremento con la apertura comercial, las condiciones productivas no mejoraron por las razones descritas en el párrafo anterior.

Con esto, no se presenta un plan integral que ayude a implementar estrategias mejor focalizadas, no se realizan correctos diagnósticos de las necesidades presentes en el sistema de innovación, y existe una fuerte desvinculación entre los

agentes involucrados en el sistema, lo que deriva en el poco alcance de las políticas científicas implementadas.

Se ha presentado una continuidad del esquema del Sistema de Innovación durante los últimos dos sexenios, dando seguimiento a los programas y actividades definidos, pero al final del periodo analizado, las condiciones productivas y de desarrollo tecnológico no presentaron mejoras significativas para con este propósito.

Los mecanismos de vinculación dependen totalmente de la iniciativa del Estado, pero no existe un liderazgo en la conducción y evaluación de las actividades, la iniciativa privada da mayor importancia a otras condiciones del esquema económico y no toman mucha participación en la promoción de la CyT. Se presenta una mejor relación con la esfera académica, pero es necesario fortalecer los mecanismos de vinculación con la iniciativa privada, principalmente mediante las pequeñas empresas innovadoras.

La evolución del ecosistema de innovación ha sido lenta y se ha presentado una clara tendencia de estancamiento durante el periodo de análisis. Las condiciones para la inversión en estas actividades se mantienen en el terreno de la incertidumbre. La actividad innovativa es esporádica, dependiente del Estado y con pocas salidas al mercado.

De acuerdo a lo analizado, se destaca que los principales problemas y necesidades que se presentan en el Sistema de Innovación son: 1) Tiene como punto central a CONACYT, pero dadas las limitaciones de su operatividad, solo funge como un administrador de recursos, a pesar de que tiene las atribuciones para conducir la política científica del país. 2) La disponibilidad de recursos financieros para CyT depende de la inversión pública y la inversión privada no ha sido significativa. 3) La actividad innovativa es esporádica, dependiente del Estado y con pocas salidas al mercado. 4) La estructura productiva del país está dominada por el capital transnacional. 5) Se apuesta por agentes disruptores que, por naturaleza, son esporádicos. 6) Existe una fuerte desvinculación y, por tanto, desconocimiento de las necesidades entre los diversos agentes del Sistema. 7) Es necesario cambiar la

visión del Estado dentro de la conducción de la promoción en CyT a una actividad más decidida e intensiva. 8) Se debe considerar en mayor medida a las pequeñas empresas innovadoras. 9) Es importante retomar las experiencias internacionales, pero adaptarlas a las necesidades de la economía mexicana. 10) Es importante mantener un nivel de gasto en CyT incremental, independientemente de las fluctuaciones de la captación de recursos por parte del Estado. 11) Es imprescindible cumplir el programa de Ciencia y Tecnología.

Capítulo 3. La investigación y uso de Biotecnología médica como factor de desarrollo en México.

La investigación y desarrollo científico son actividades fundamentales para el progreso industrial y económico del país. Como se ha descrito en los capítulos anteriores, es necesario retomar las condiciones económicas, sociales y, además, también las tendencias y los nuevos campos que se abren en investigación y aplicación de las innovaciones y tecnologías, para poder encaminar las estrategias implementadas con el fin de apuntalar el progreso tecnológico.

La biotecnología es una de las ramas tecnológicas que más ha crecido en las últimas décadas y es una de los campos más importantes en cuanto a las soluciones y posibles aplicaciones para abordar problemáticas de suma importancia en épocas actuales, en el campo de la salud, el medio ambiente, entre otros. Por este motivo, es muy importante analizar el desarrollo de esta tecnología, que continúa evolucionando y sigue produciendo buenos resultados en lo tecnológico, económico y social.

En este capítulo se aborda el análisis de uno de los campos más importantes de la biotecnología: el sector farmacéutico. Como se verá más adelante, es importante delimitar el estudio de la biotecnología a cada una de sus ramas, ya que derivado de cada aplicación existen diferentes tipos y procesos de investigación, elementos reguladores y condiciones para que se genere inversión, entre otros puntos, lo que precisamente complejiza abordar el análisis de todos los campos biotecnológicos de forma general.

También, se analiza a grosso modo, las tendencias mundiales en cuanto a la investigación en biotecnología médica (en adelante se referirá como BM), además de describir los mercados internacionales y la participación de las grandes empresas transnacionales y los instrumentos de los que se valen para mantener la ventaja en investigación y cuota de mercado. Bajo este contexto, se estudia la situación del desarrollo tecnológico en México en este tema, su relación con la práctica económica, los retos que se presentan en el sector, y las posibles vías de desarrollo tecnológico, tomando en consideración la importancia de la

reconfiguración del proceso de trabajo, las relaciones sociales productivas y la adaptación de condiciones de mercados; en concreto, las estrategias por el lado de la demanda y la oferta para la industria, para así fomentar la apropiación tecnológica en las esferas productivas y de consumo.

En primera instancia, se responde como es que la biotecnología puede ser un detonante que dé impulso a nuevas actividades económicas, retomando la experiencia internacional y las ventajas y retos que se deben tener en consideración para realizar un correcto diagnóstico de las vías a tomar para poder consolidar las prácticas de desarrollo tecnológico, en esta ciencia, al igual que en otras.

3.1. ¿Puede la biotecnología médica ser un factor de desarrollo económico?

Es importante partir de la definición de biotecnología, para tener un marco de referencia claro cuando se aborde su análisis. La biotecnología se define como “el conjunto de técnicas que involucran la manipulación de seres vivos o sus componentes sub-celulares, para producir sustancias, desarrollar procesos o proporcionar servicios” (CIBIOGEM, pág. 1). Esta, a su vez, se divide en biotecnología tradicional y moderna. De la primera, se puede evidenciar su uso desde hace varios siglos, ya que productos de consumo cotidianos (pan, leche, vino, cerveza) se elaboraron con técnicas biotecnológicas, según la definición descrita. La segunda es una rama más reciente, en la que se involucra de forma más definida un conjunto de técnicas de investigación para estudiar los procesos involucrados en utilizar y transformar productos derivados de organismos.

Con estas nuevas técnicas de investigación surgieron nuevas ramas de biotecnología, más especializadas, entre las que se encuentran: *la biotecnología médica o farmacéutica* (objeto de estudio de esta tesis), la biotecnología medio ambiental, la biotecnología industrial, la biotecnología agrícola, la ingeniería genética, etc.

Es importante diferenciar las características específicas de cada campo de investigación en biotecnología, ya que las condiciones necesarias para su ejecución son muy distintas, a razón de que, la base de investigación depende de las

propiedades genéticas de los organismos estudiados, lo que incluye dilemas éticos y regulatorios, además de las condiciones de aprobación y mercado. Un producto pensado para uso humano tiene varios procesos antes de su salida a mercado, como se verá más adelante. La manipulación genética siempre se ha cuestionado, y existen leyes que regulan su uso, es por esto que las estrategias desarrolladas para incentivar este tipo de actividades deben tener en consideración este contexto, para poder generar mecanismos eficientes de promoción, inversión y mercadeo.

3.1.1. La biotecnología médica y su importancia

La biotecnología médica (BM), como se mencionó, es uno de los campos de investigación derivados de la biotecnología moderna, esta tiene por actividad la investigación y desarrollo de productos antibióticos y medicamentos. Se divide en dos sectores principales: las vacunas y los fármacos (Trejo Estrada, 2010).

Es desde finales del siglo XIX e inicios del siglo XX cuando se presentan los primeros grandes avances en investigación médica a partir de organismos, y que serviría de parteaguas en el desarrollo de la investigación en BM. Con el desarrollo de técnicas y campos de investigación, como la bioquímica de proteínas por Muller en 1830, las leyes de la genética clásica por Mendel en 1860, la bioquímica fermentativa y la microbiología por Pasteur en esa época, el aislamiento de la cadena de ADN por Friederich Miescher en 1869 y con el descubrimiento de la causa de las infecciones, las bacterias, desarrollado por Robert Koch en 1870, se sentaron las bases para generar los primeros productos biotecnológicos en medicina: la aspirina en 1885 y la penicilina descubierta por Fleming en 1928 (Trejo Estrada, 2010). Posteriormente, una vez formalizado las técnicas de investigación y aplicación de los desarrollos biotecnológicos, se tiene en la actualidad productos como los antivirales, inmunomoduladores, antiinflamatorios, anticarcinogénicos y antihiper-colesterolémicos (Trejo Estrada, 2010). Recientemente, la secuenciación del genoma humano abre nuevas posibilidades para el desarrollo de nuevos productos y campos de investigación.

Como se describe en el párrafo anterior, antes del desarrollo de la biotecnología moderna, el factor de la investigación académica fue determinante, ya que esta

sentó las bases de este campo. Los precedentes de esta, las investigaciones en ciencia básica, el ahondamiento en los campos y aplicaciones de la bioquímica y la microbiología, fueron parte fundamental para que se generaran los primeros productos innovadores, y una vez construidos los fundamentos, se desarrolló un proceso de trabajo y productivo entorno a las nuevas técnicas y procesos.

Estos avances abrieron una nueva ventana para afrontar problemáticas presentes en la sociedad, lo que dio como resultado una nueva industria, nuevos productos y nuevos agentes en la actividad económica, camino que empezó a mediados del siglo XIX y se consolida a finales del siglo XX, específicamente en la década de los 70's, cuando se abrió la primera empresa biotecnológica. Esto refleja claramente el horizonte temporal a largo plazo necesario, como indica Mazzucato, para las inversiones en investigación científica básica y aplicada, no solo en esta rama, sino como premisa para el desarrollo de campos tecnológicos. En este proceso el Estado tiene un papel muy importante para dirigir los cambios, como se ve en el ejemplo de Estados Unidos, más adelante.

Esta tecnología, de alto valor agregado y con alto grado de innovación, también representa una fuerte inversión en capital y tiempo, y tiene un considerable nivel de riesgo, ya que la gran parte de los productos preclínicos generados no llegan al mercado. Pero al ser una rama que está en la frontera del conocimiento, continúa evolucionando, lo que permite la posibilidad de nuevas actividades de investigación, nuevas oportunidades de inversión y que pueden resultar en una ventaja para la actividad empresarial de base tecnológica. Las actividades y temas que se abordan desde la BM se describen en la siguiente tabla (3.1).

Tabla 3.1 Actividades y temas de la Biotecnología Médica
<ul style="list-style-type: none">- El descubrimiento y selección de microorganismos, plantas o animales capaces de producir compuestos con actividad biológica asociada a salud- El descubrimiento y caracterización estructural de compuestos microbianos, vegetales o animales, con actividad biológica asociada a salud.- La producción de compuestos con actividad biológica por sistemas de fermentación, separación y purificación

Tabla 3.1 Actividades y temas de la Biotecnología Médica

- La estabilización de compuestos y su tratamiento para formulaciones inyectables o de otras vías de aplicación.
- La evaluación in vitro, e in vivo, en sistemas animales experimentales para la fase pre-clínica, de compuestos puros y formulaciones para el tratamiento o la prevención de enfermedades.
- La clonación y expresión de genes asociados a la expresión de enzimas para la biosíntesis de antibióticos, y su uso en producción incrementada del compuesto de interés, o de compuestos diferentes.
- La clonación y expresión de genes de proteínas y péptidos de interés farmacológico, tales como inmunógenos, vacunas estables, inmunomoduladores como el interferón, hormonas y proteínas estructurales.
- Sistemas moleculares de detección y diagnóstico de enfermedades infecciosas y de enfermedades de origen genético.
- Los procedimientos y sistemas de fertilización in vitro y otros derivados de la aplicación de la Biología de la reproducción en beneficio de la fertilidad y la salud humanas.
- Los métodos y técnicas asociados a la llamada terapia génica, orientada a eliminar la replicación o transcripción de genes por modificación de su secuencia o la inhibición de su expresión.
- Procesos de preservación de material genético, y la biología de células madre, y de otros tipos celulares de impacto en transplantes, y en general en el control y prevención de enfermedades.
- La llamada medicina genómica, y los sistemas de análisis molecular de la biodiversidad, para reconocer tipos y subtipos genéticos de enfermedades hereditarias tales como la diabetes. Lo anterior deriva en la epidemiología molecular, que constituye la plataforma moderna para el control y prevención de enfermedades en escala global.
- La infectología molecular, que incluye el reconocimiento de los mecanismos de acción de patógenos, los determinantes de su virulencia, y por tanto, los potenciales mecanismos para combatirlos con fármacos.

Retomado de: (Trejo Estrada, Sergio, 2010, págs. 108-110)

Como uno de los sectores más dinámicos de esta ciencia, la biotecnología se ha destacado en la medicina y, promete ser uno de los principales motores de investigación en este campo. Durante los últimos años, gran parte de los medicamentos y tratamientos se sustentan en la investigación y desarrollo de productos biotecnológicos. Existe una gran variedad de líneas de investigación que siguen en curso y que, dentro de la cartera de tratamientos futuros, son de las respuestas más prometedoras ante las necesidades de salud y que son prioritarias para la creación de políticas públicas en este ámbito. Una de estas tendencias se muestra en la siguiente cita

“a pesar de que se han logrado un fuerte avance en contra de las enfermedades infecciosas, las enfermedades crónicas y degenerativas son ahora un punto muy importante para abordar desde la investigación y de la que los tratamientos más avanzados para su atención se derivan de la biotecnología” (López Silva, 2010).

En esta rama, las actividades de investigación, desarrollo y comercialización tienen una condición necesaria: adaptarse bajo un esquema de rentabilidad a largo plazo. En este proceso, las innovaciones, los canales de inversión y la confianza en los resultados de la investigación son necesarios para la continuidad y el ánimo de invertir en estas industrias. Esto tiene como consecuencia que las actividades se atomicen y se genere una especialización de las mismas, el proceso de trabajo se modifica y las actividades científicas están más inmersas en el mismo.

Es importante, entonces, describir cómo se compone el proceso productivo y las características del mismo, para establecer un panorama de las actividades que se presentan entorno a la industria de biotecnología médica, y analizar su evolución *hasta la consolidación, lo que se refleja en la asimilación de estas nuevas tecnologías y productos*. Para determinar los elementos dentro del diagnóstico, como los mecanismos y medios sobre los que se apoyaron para lograr este cometido, se analiza el ejemplo de la transición tecnológica estadounidense y el crecimiento temprano de esta industria.

3.1.2. Las políticas científicas y el liderazgo del Estado estadounidense como ejemplo de transición tecnológica en la industria de biotecnología médica

El proceso de asimilación de la biotecnología a los procesos de producción y a las cadenas globales de valor ha sido un caso muy particular debido a las características mismas de desarrollo de esta tecnología, en la que se puede observar claramente la dirección del Estado. Gran parte de su crecimiento se debe al apoyo gubernamental, mediante las inversiones, apertura de regulaciones y la investigación que se hace en los Institutos de Investigación Públicos, además del apoyo financiero y de generación de demanda de sus productos para la

consolidación de empresas que llegaron a convertirse en grandes transnacionales, que ahora dominan el mercado.

El mayor productor, que a la vez tiene el mayor nivel de inversión en I+D y número de empresas dedicadas a la producción de biotecnología es Estados Unidos, que fue el principal promotor de esta tecnología en sus inicios, y precisamente, la biotecnología médica fue el campo más importante para que se logrará consolidar esta industria en otras ramas y desarrollo de productos.

En la década de 1970, la biotecnología tuvo un importante repunte en este país. En este periodo surgieron muchas pequeñas empresas, situación que también reflejó una tasa de cierre muy alta entre estas, pero, dada la condición de prueba y error, también se presentaron varios casos que figuran en los éxitos en esta industria. Ahora bien, se presentaron diferentes situaciones que ayudaron a que estas empresas sobrevivieran: algunas se apoyaron mediante la fusión con empresas farmacéuticas que contaban con experiencia en la colocación de productos y las condiciones de mercado; y casos en que las empresas lograron consolidarse en el mercado desarrollándose primero en una parte de la cadena y después diversificándose (Trejo Estrada, 2010). Este proceso ilustra la dificultad en una nueva industria para obtener el aprendizaje y conocimiento necesario del mercado al que quiere acceder, y de igual forma, el proceso y tiempo necesario para generar confianza en estas nuevas tecnologías, no solo entre los inversores, sino también, entre los consumidores.

En la década de los 80's, en Estados Unidos se aprobó la Ley Bayh-Doyle, que permitió a las universidades y pequeñas empresas patentar los productos financiados con recursos públicos (Morales Sánchez & Amaro Rosales (Coordinadores), 2019). Este cambio fue fundamental para la estructura de esta industria, ya con la incorporación de estos agentes en el ecosistema de innovación, se reconfiguró la cadena productiva, las actividades y mecanismos de vinculación, y le dio forma a la industria de biotecnológica moderna tal como se conoce hoy.

En 1983, siguiendo con esta dinámica, en Estados Unidos se aprobó la Ley de Fármacos Huérfanos (ODA por sus siglas en inglés), que facilitaba las condiciones

de patentamiento y aprobación de medicamentos con nichos de mercado pequeños, o dicho de otras formas, medicamentos para enfermedades que no eran comunes en la población. También se crearon incentivos fiscales y financieros para complementar la inversión en I+D, lo que benefició a las empresas interesadas en desarrollar este tipo de fármacos (Mazzucato, 2017).

Esta estrategia, dirigida mediante políticas encausadas, *una política científica integrada a un objetivo y necesidad sustantiva*, como es el campo de la salud al estar enfocada a la atención de enfermedades poco comunes, que tenían nichos de mercado pequeños y que, por tal motivo, no existían incentivos para las empresas farmacéuticas tradicionales para invertir en los tratamientos para las mismas, permitió que se presentaran nuevos agentes, denominados “disruptores”. Esto refleja, como se analizó anteriormente, como *dentro del proceso de trabajo se van dando pequeñas evoluciones o cambios que generan un nuevo proceso*, y al insertarse a un proceso productivo real, deriva en campos o altamente innovativos.

Ahora bien, para que estos pudieran salir al mercado en las condiciones óptimas para poder adquirir experiencia o knowhow, del proceso de producción y la colocación, *el Estado tuvo un papel fundamental al apoyar en todo momento a las empresas que tenían potencial: “escoger a los ganadores”*. Además, paulatinamente, se fueron generando los medios de vinculación entre los agentes del ecosistema de innovación, *se presenta una disrupción en el paradigma tecnoeconómico*, las viejas industrias se fusionan con las nuevas: las pequeñas empresas se adentraron a nuevas plataformas tecnológicas al fusionarse con grandes farmacéuticas, al mismo tiempo que los procesos de investigación y comercialización se iban desarrollando y especializando, de tal forma que actualmente se presentan diferentes eslabones en la cadena de producción de biotecnología en los que participan empresas de distintos tamaños y características, como se verá más adelante. Los resultados obtenidos de esta experiencia, *la nueva línea óptima de práctica económica*, presenta una semblanza del potencial que tiene esta tecnología para ser una actividad que apoye al desarrollo económico, como: la

diversificación industrial de un solo campo tecnológico y el arrastre sobre otras ramas científicas.

Con lo anterior, se logró impulsar la actividad innovadora de pequeñas empresas y grandes farmacéuticas, que valiéndose de las ventajas que proporcionaba las adaptaciones a las regulaciones y normativas legales, lograron tener éxito para posicionarse de buena forma en el mercado de salud de Estados Unidos, como ejemplo están Genzyme, Biogen, Amgen y Genentech. Esta última, que se fundó en 1976, fue la primera compañía de biotecnología (Mazzucato, El Estado Emprendedor, 2017).

En el proceso, fue muy importante *las redes y sinergias dinámicas* que se generaron entre los agentes que se involucraron en *ecosistema de innovación*. Esto se ve reflejado en la ventaja que representó la *alianza entre pequeñas empresas y grandes farmacéuticas*, las primeras ofreciendo sus capacidades innovativas y las segundas ofreciendo su experiencia en el mercado y en el posicionamiento de un nuevo producto, siendo las empresas de gran capital las más beneficiadas de esta alianza, pero permite a las primeras adentrarse a una plataforma que dé impulso a su actividad y poder especializarse en un segmento de la cadena y posteriormente diversificarse. En este camino, el Estado, mediante los Institutos Nacionales de Salud (NIH por sus siglas en inglés) y otras estrategias de financiamiento y apoyo, tuvieron un papel fundamental, ya que estos agentes fueron los catalizadores del éxito para la consolidación de esta industria.

Lo anterior se refleja en las siguientes estrategias implementadas: la inversión pública para sostener en la investigación básica desarrollada en los NIH y, la transferencia de los resultados a un campo real; el financiamiento a pequeñas empresas hasta la consolidación de las mismas; y la inversión para seguir fomentando las capacidades tecnológicas de las pequeñas y grandes empresas. Esto muestra la importancia de la participación que tiene el Estado, mediante su liderazgo, para complementar la actividad y los vínculos creados en otras esferas del ecosistema para impulsar la biotecnología, como se mencionó en el capítulo anterior “el hacer que ocurra” (Mazzucato, 2017).

Otro elemento que refleja lo anterior, es que el Estado estadounidense, por medio de los NIH han financiado al sector biotecnológico farmacéutico con 841,000 millones de dólares (precios constantes de 2012) de 1938-2012, teniendo un crecimiento exponencial a partir de la década de los 80's, en gran medida destinando parte de este financiamiento a la investigación básica, que es el preámbulo de la investigación aplicada y el punto en el que la investigación resulta más riesgosa. Sin esta inversión, no habría condiciones de desarrollo de productos y transferencia hacia las empresas y posteriormente a las cadenas productivas, no se podría sostener los procesos innovadores de las mismas, y no se cumpliría el ciclo de reinversión y consolidación de la industria (Mazzucato, 2017).

Se presentó una estrategia de fases de apoyo a la transición tecnológica, como se describió en capítulos anteriores, donde en la primera etapa o situación de incertidumbre en la inversión, el Estado lidero las actividades de promoción científica apoyándose en las pequeñas empresas y los NIH, como se describió en el Esquema 2.4 del capítulo 2, para pasar a la etapa de probabilidad de riesgo. Una vez sorteando esta etapa, se integraron las esferas productivas y canales de inversión a la sinergia impulsada, y se tiene como resultado un esquema de sistema de innovación de "triple hélice".

Es por este motivo que, Estados Unidos es actualmente el centro de la industria de biotecnología, al ser el principal productor y mercado de productos biotecnológicos, además de generar la mayor cantidad de inversión para este fin. Después de esta experiencia, otras naciones también han emprendido esfuerzos para poder posicionarse en el mercado, como es el caso de Alemania, China y Corea, que en conjunto son los principales participantes en el mercado mundial.

3.1.3. El mercado internacional de biotecnología médica

Se retoma información publicada por la OCDE con relación al top de las 2000 empresas más innovadoras en el mundo para 2016, en el que se consideran distintos ramos de actividad económica, entre las que se encuentran las empresas farmacéuticas (la mayoría de estas genera biotecnología) su nivel de inversión en I+D y número de empresas por país obtenido de este top. Esto presenta un contexto

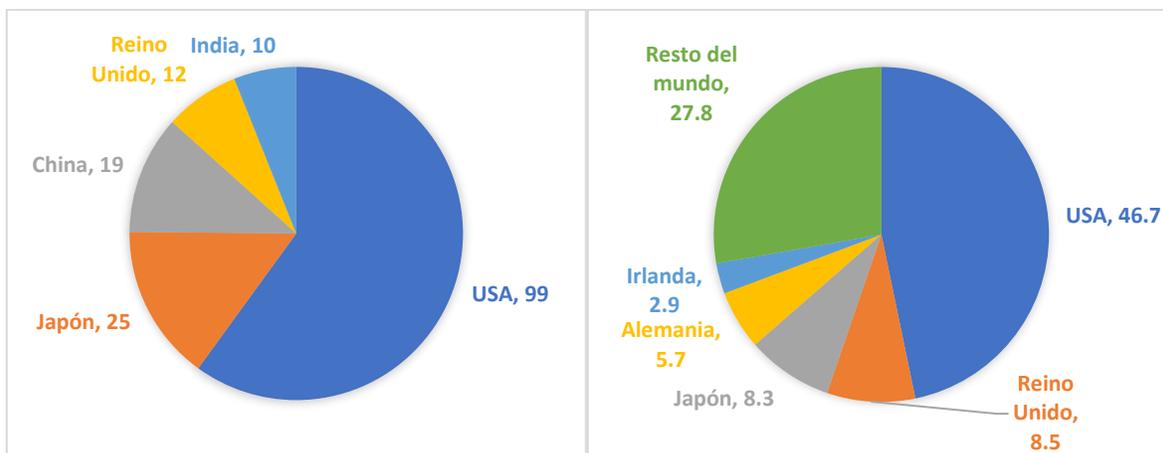
sobre la participación del mercado por país, al mismo tiempo que se relaciona con el nivel de inversión en I+D para sostener la industria.

Como se puede observar en la siguiente gráfica (3.1), Estados Unidos y algunos países europeos, Reino Unido, Alemania e Irlanda, han sido los principales promotores de esta industria, ya que llevan la delantera en inversión en I+D con este propósito, además de ser los mercados más importantes para la producción, como se observa por la cantidad de empresas con las que cuentan, y consumo de productos biotecnológicos.

Gráfica 3.1. Top 5 países con empresas farmacéuticas de gran capital. Número de empresas y participación en generación I+D.

Top 5 de países con mayor número de empresas farmacéuticas importantes (# de empresas).

Top 5 de países que más invierten en I+D (%).



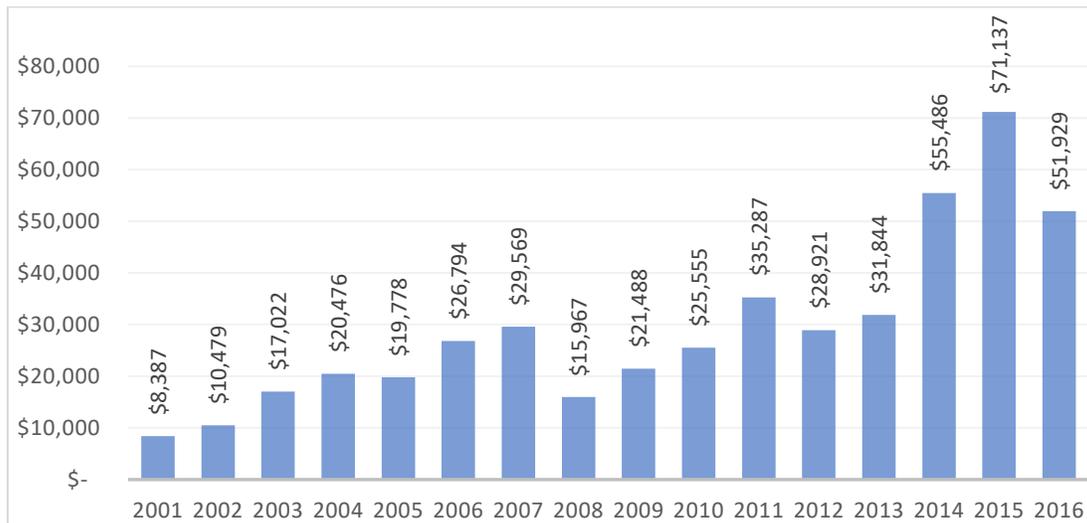
Fuente: Elaboración propia con datos de (OCDE, 2019)

Esto, como se observa más adelante, también marca tendencia en cuanto al flujo de capitales, la generación de nuevas empresas y las fusiones y adquisiciones de empresas de grandes capitales. Estos aspectos definen las condiciones del mercado y, también marcan los retos a los que se enfrentan las economías con una industria farmacéutica poco desarrollada.

De hecho, en los últimos 15 años, en estos mercados se puede constatar un fuerte impulso al valor de captación de capital (EUA y Europa), presentando un alza de casi diez veces el valor del mercado en 2015 con respecto a 2001, como se ve a

continuación (Gráfica 3.2). Esto denota la tendencia de crecimiento productivo y de mercado para esta industria.

Gráfica 3.2. Capital captado para inversión en Europa y EUA de empresas biotecnológicas (millones de dólares por año).



Elaboración propia con datos de (EY, 2017)

La captación de capital muestra un comportamiento cíclico ascendente, reflejo del crecimiento de la industria y con algunas variaciones coyunturales derivadas de condiciones en el mercado financiero global. Se pueden observar tres caídas en su captación: en 2008, esta obedeció a la crisis financiera global de deuda inmobiliaria; en 2012, en un efecto de rebote, la crisis europea de deuda bancaria afectó en gran medida la disposición financiera de los gobiernos y bancos, entre ellos uno de los más afectados fue precisamente Irlanda; y por último en 2016, la discusión sobre el Brexit (la salida del Reino Unido de la Unión Europea) y la elección de nuevo presidente de Estados Unidos y su anuncio de reformas al sistema sanitario estadounidense y la regulación de precios a los medicamentos, presentan dificultades para la industria en los dos mercados más importantes de biotecnología (EY, 2017).

La captación de capital se compone de las operaciones en bolsa de valores, emisión de deuda, ampliaciones y financiamiento de Capital Venture, y durante estos tres periodos en el que se presentaron estas bajas, fue por una disminución de captación

en todos ellos, principalmente mediante la mayor caída en la captación en bolsa de valores y las ampliaciones. La que menor baja presenta es la captación por Capital Venture, ya que este tipo de inversión es menos aversiva al riesgo. El factor de percepción de riesgo es fundamental para sostener a la industria (EY, 2017).

La dependencia de los mercados globales financieros para los ingresos de las grandes transnacionales es muy significativa, por lo que los mecanismos para atraer el capital y mantener estos canales de inversión necesaria, son fundamentales para la industria, lo que también configura parte de la cadena productiva para responder a estas necesidades, tema que se analiza más adelante.

Ahora bien, esta baja en los mercados más importantes de biotecnología abrió la ventana a nuevas economías a aventurarse en esta actividad. Si bien, el mercado asiático tenía una representación muy importante en el mercado por medio de Japón, países como China, Corea e India se han posicionado de forma significativa recientemente en el mercado, de tal modo que, como se observa en la Gráfica 3.1, China e India se posicionaron dentro del top 5 de países con mayor número de empresas farmacéuticas importantes y están muy cerca del top 5 de países que más invierten en I+D en farmacéutica (posición 7 y 6 respectivamente).

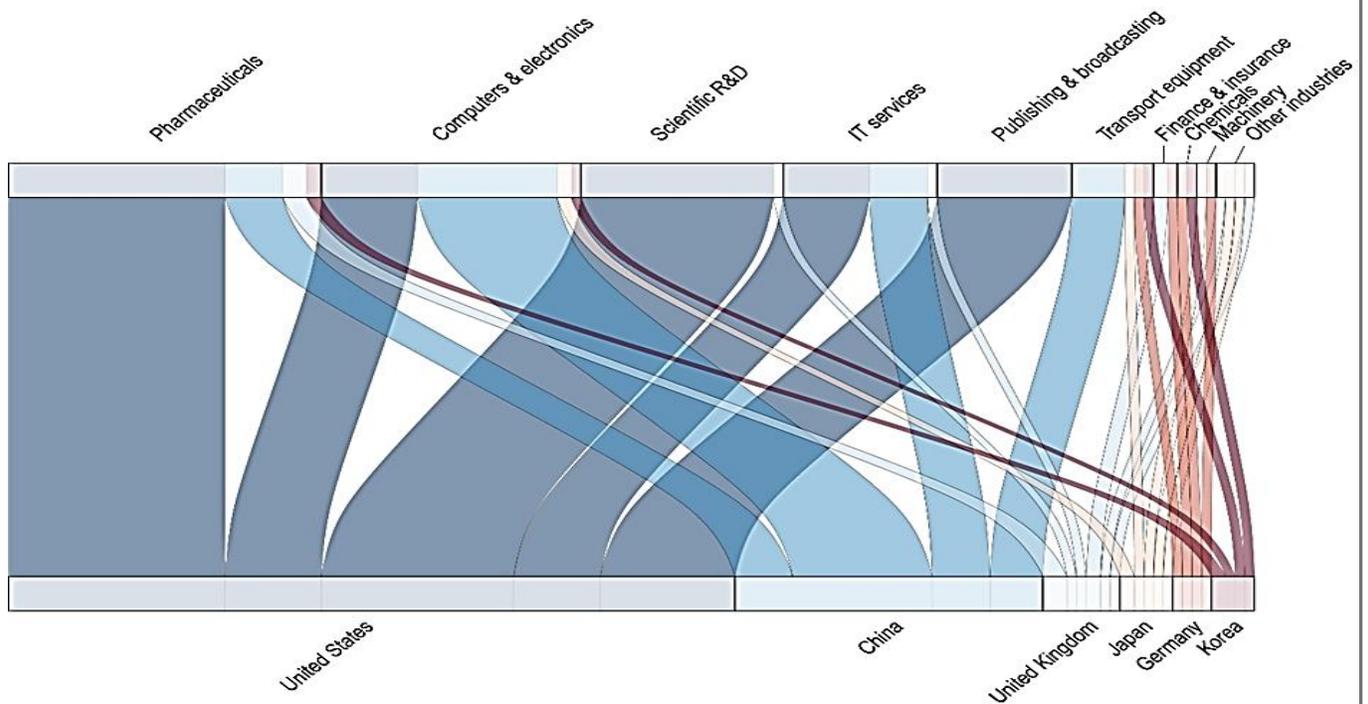
Lo anterior se ve reflejado en el número de empresas que se crean en la industria farmacéutica, donde figuran los países ya mencionados (Estados Unidos, Reino Unido, Alemania) (Tabla 3.2 y Figura 3.1), pero también dan cuenta de la alza y presencia que van consolidando a otros países, China como el más importante en este avance, y que reconfigura el escenario de la biotecnología mundial.

Esto marca una tendencia muy significativa en el mercado, que se deriva de las dificultades para el financiamiento de las actividades de esta industria, y que es de sumo interés para el tema: *el esquema de las fusiones y adquisiciones entre empresas de grandes capitales y la absorción de pequeñas empresas innovadoras.*

Tabla 3.2 Creación de nuevas compañías farmacéuticas del top mundial de economías que invierten en I+D, 2012-2016.	
País	Nuevas compañías por industria
Estados Unidos	45
China	12

Reino Unido	5
Corea	3
Canadá	3
India	3
France	1
Irlanda	4
Bélgica	1
España	1
Dinamarca	1
Fuente: Retomado de (OCDE, 2019)	

Figura 3.1. Movimientos en top mundial de economías que invierten en I+D, varios sectores (incluido el farmacéutico) 2012-2016.



Fuente: Retomado de (OCDE, 2019)

Además, también es importante destacar otros puntos importantes derivados de estas alianzas, que marcan las condiciones de fuerte competencia en el mercado: la competencia por la diferenciación de productos, las repercusiones sobre la actividad innovativa, la competencia por la obtención de insumos y la regulación en materia de protección industrial, entre otros factores.

Bajo este panorama, es importante destacar los puntos en los que se presentan mejores oportunidades de desarrollo, aunado a los cambios competitivos, para los

productores mexicanos de biotecnología, para afrontar un mercado que sigue en crecimiento, pero con actores consolidados y muy importantes en el mismo.

Por tal motivo, es importante describir cómo se presenta el camino mediante el que los procesos productivos y de trabajo se adaptan a las condiciones descritas, las tendencias en el mercado, la división de procesos dentro de la cadena productiva y la definición de roles para las industrias nacionales en un contexto de globalización y deslocalización de procesos productivos. Y más importante aún, definir los mecanismos mediante los cuales la industria mexicana de biotecnología médica pueda posicionarse de mejor manera en el mercado local.

3.2. El proceso productivo de la industria de biotecnología médica y las tendencias del sector

Como se ha destacado, el desarrollo de un nuevo producto biotecnológico requiere de una inversión, en dinero y tiempo, muy considerable, ya que se estima que llevar un nuevo producto a mercado, desde su descubrimiento hasta las fases de aprobación y regulación sanitaria suelen tomar un periodo de entre 10 a 20 años, y representa una inversión entre 200 a 800 millones de dólares, tomando en consideración que no todos los prospectos preclínicos llegan a la fase de aprobación (Trejo Estrada, 2010). Esto, claramente representa enormes retos para las empresas que incursionan en el desarrollo de productos biotecnológicos para la salud humana, y que, sin la participación de otros agentes ajenos a la esfera productiva, sería muy difícil el desarrollo de esta industria, como se ha venido considerando.

Para poder estudiar cómo es que el proceso productivo se divide entre los distintos agentes, es necesario contextualizar como es que se presenta el proceso de desarrollo de un fármaco biotecnológico. Este proceso conlleva tres fases en su forma más general: la fase que corresponde del descubrimiento a las pruebas preclínicas; la fase de pruebas clínicas y, por último; la fase de aprobación y regulación. Todas estas a la vez cuentan con otras subfases que se describen a continuación (Trejo Estrada, 2010):

Descubrimiento-fases preclínicas

1. Primera fase: comienza con el descubrimiento de un organismo “target” u objetivo, que muestra potencial para poder aplicarse a cierto proceso de innovación y que busca resolver un problema identificado. Esta fase puede tomar de 2 a 20 años.

Proceso de screening, o evaluación previa de las propiedades de ese organismo, y determinar si es viable su desarrollo con respecto al objetivo planteado.

Fase de desarrollo, donde se llevan a cabo pruebas de laboratorio y pruebas animales de los compuestos que se están analizando. Todo esto se recopila en información estadística que se presentará ante los organismos reguladores para pasar a la siguiente fase.

Se estima que del screening a las fases preclínicas se puede tomar un periodo de 3 a 6 años.

Pruebas clínicas

2. Segunda fase: comienzan con las pruebas clínicas, donde se estudian los efectos esperados y potenciales efectos secundarios de los compuestos, en la salud humana.

Esta fase conlleva distintas subfases de pruebas clínicas (de acuerdo al material consultado, generalmente tres de ellas) en las que el número de compuestos propuestos para estas pruebas se van descartando, hasta quedar un solo compuesto que cumple con el objetivo definido en la fase previa. Es en esta fase donde se necesita de la inversión más importante durante el proceso de desarrollo del fármaco.

Se estima que esta fase conlleva un periodo de 1 a 5 años.

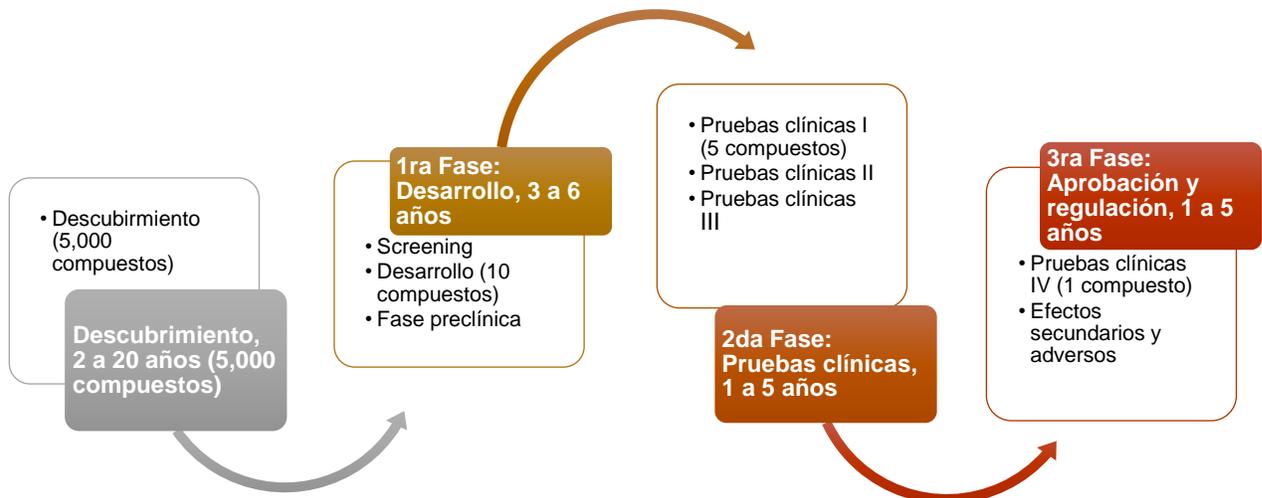
Aprobación y regulación

3. Fase de aprobación y regulación: consiste en una última fase clínica y el análisis de posibles efectos secundarios del compuesto seleccionado, por los organismos reguladores.

Posterior a esta fase, se puede comercializar con el compuesto generado.
Esta fase también puede tomar de 1 a 5 años.

Este proceso de investigación se ilustra en la siguiente figura (3.2).

Figura 3.2. El proceso de desarrollo de fármacos modernos (Modelo retomado de la práctica en Estados Unidos).



Fuente: (Trejo Estrada, 2010, pág. 113)

Las primeras tres fases conllevan un esfuerzo muy importante de desarrollo en laboratorios e investigación, lo que conlleva una fuerte inversión, confianza en los resultados y el trabajo que se realiza en los CPI y nula aversión al riesgo, mientras que, para la última fase, además de inversión, es necesario el conocimiento de mercado para la comercialización del producto obtenido y conocimiento de las regulaciones sanitarias locales y de protección industrial.

El ecosistema de la industria de biotecnología se compone de diversos actores, como se analizó anteriormente en el caso de Estados Unidos. Participan: las pequeñas empresas innovadoras, las grandes farmacéuticas, los CPI, el Estado, los asesores o consultores en materia de regulación y propiedad industrial y los agentes financieros (Capital Venture, Instituciones Financieras, etc.).

A finales del siglo XX es el punto de inflexión para la industria de biotecnología y se establece la estructura de la misma, se abre la cartera de agentes que intervienen en el proceso productivo y permitió mejores condiciones para impulsar la innovación entorno a esta tecnología. Como se mencionó en el capítulo 1, el cambio tecnológico, y con ello la inducción de las innovaciones, se establecen en un marco de competitividad entre empresas, acompañada de un marco institucional sólido que consolide las estrategias implementadas por el lado del sector público, las actividades de la iniciativa privada y la percepción del riesgo de inversión por todos los agentes involucrados.

Lo anterior, se refleja en la forma en cómo se estructura el sistema de innovación y sus características para el apoyo a las empresas biotecnológicas, que como se observa más adelante (Figura 3.3), en esta industria, involucra una gran diversidad de agentes, y una gran gama de actividades y procesos, delimitados por los grandes periodos de tiempo que conlleva cada uno y la inversión requerida.

La cadena productiva se diversifica y se especializa en torno a las capacidades de los agentes involucrados, determinado por el papel de cada agente en la cadena, que llevan desde el proceso de desarrollo e investigación, hasta las etapas de comercialización, punto en el que se culmina el proceso de innovación, según su definición.

Como se describió anteriormente, el proceso de desarrollo de un fármaco consta de 3 etapas, pero la cadena no culmina ahí. Después del desarrollo del producto, se presenta otros procesos que complementan el desarrollo de la cadena productiva, como por ejemplo: proceso de escalamiento industrial para su producción en masa, lo que viene a ser el proceso de manufactura; el proceso de comercialización o entrada a mercado, que conlleva el análisis respectivo de los canales de comercialización más adecuados para el producto y la puesta en marcha de su colocación; y por último, el proceso de imitación, que se presenta una vez vencida la patente del producto obtenido.

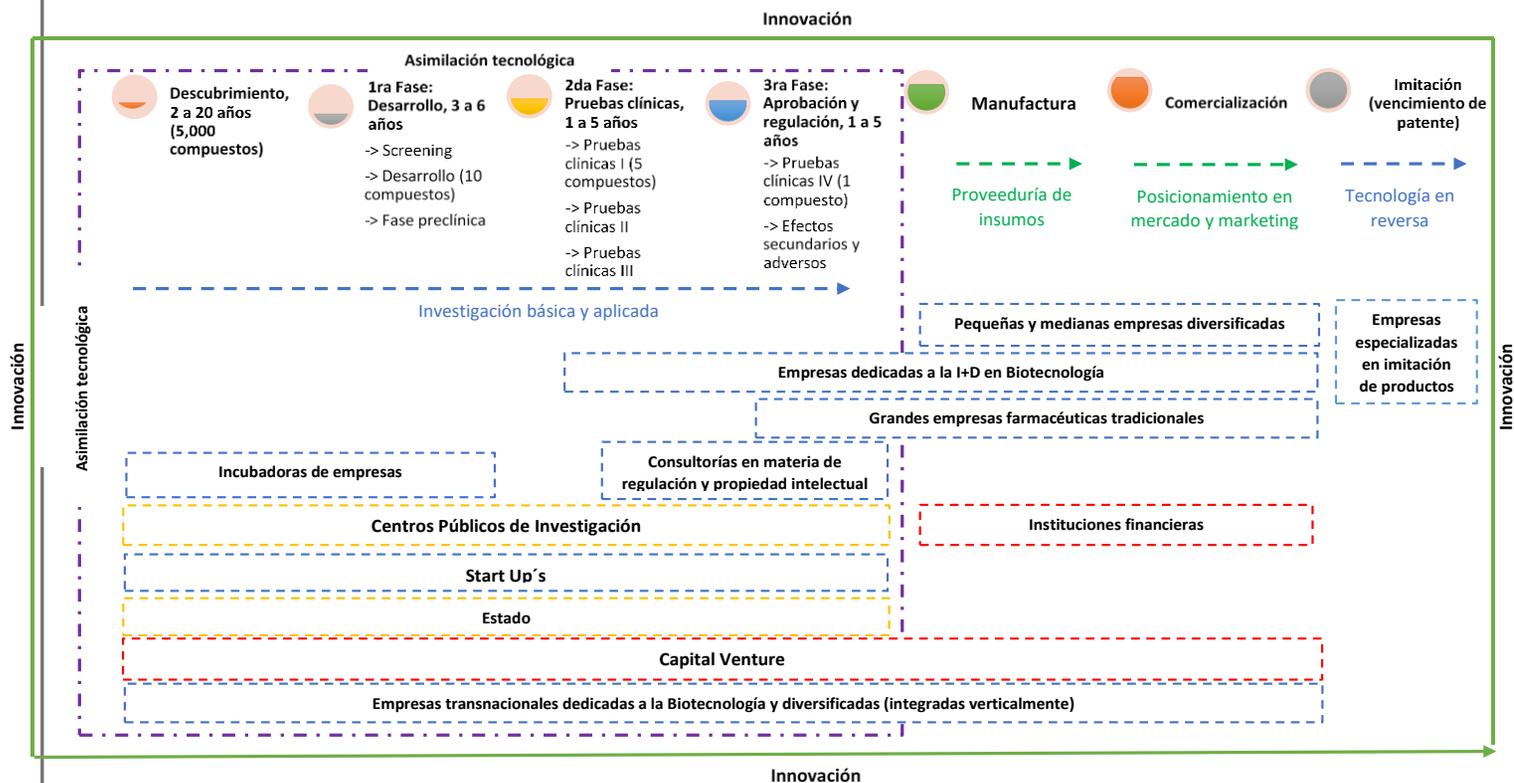
Aquí es donde toma relevancia la definición de lo que conlleva una innovación, ya que a pesar de que todos los procesos dentro de la cadena productiva entran dentro

de su definición, no todas lo hacen en el mismo grado. Como se mencionó en el capítulo anterior, la especialización y la división de actividades de la cadena, dividió el proceso de creación o diseño de productos, y el proceso de manufactura y comercialización, esto como resultado de la naturaleza de las actividades desarrolladas dentro de la cadena.

Las actividades de investigación y desarrollo, requieren de condiciones especiales de trabajo y capital, lo que involucra una mayor generación de valor dentro de la cadena, y mayor grado de innovación, mientras que los siguientes procesos, la manufactura y comercialización, no presentan estas condiciones, y a pesar de que se presentan innovaciones en estas etapas, estas innovaciones suelen ser en procesos, lo que ayuda a reducir costos y no crear valor.

Es por eso importante identificar la estructura, la posición y el papel de las empresas dentro de la cadena productiva, para poder realizar un diagnóstico sobre las condiciones de la industria mexicana, y así determinar en qué tramo de la cadena productiva se encuentra y en qué áreas debe incursionar para mejorar en el objetivo de mejorar las condiciones para la CyT, como se ilustra en la siguiente figura (3.3).

Figura 3.3. Etapas, procesos y principales agentes en el desarrollo de productos fármaco-biotecnológicos.



Elaboración propia con base en (Trejo Estrada, 2010) y (Morales Sánchez & Amaro Rosales (Coordinadores), 2019)



Podemos observar que se presenta una delimitación entre las actividades con mayor carga innovativa con respecto a las actividades que presentan menos, estos procesos complementan la cadena productiva pero no cumplen con un papel de desarrollo tecnológico como tal. Con esta división, también se presenta una restricción de acceso a ciertos agentes que solo intervienen en una o varias etapas del proceso. Esto se presenta principalmente por las condiciones bajo las cuáles los agentes entran a la cadena, como por ejemplo el caso de los CPI y algunas pequeñas empresas (start up's), cuyo fin es obtener un producto en fase preclínica, ya sea para ser transferido a alguna empresa de gran capital o, en caso de las pequeñas empresas, ser absorbidas por empresas con mayor participación de mercado.

Algunas de estas pequeñas empresas logran pasar a las etapas de las pruebas clínicas, ya sea por estímulos financieros públicos o privados, o mediante la vinculación con empresas con experiencia en estas etapas (2da y 3ra fase) adquiriendo experiencia y conocimiento de los procesos. Estas empresas entran dentro de la categoría de empresas especializadas en biotecnología, según la clasificación de la OCDE y que se muestra en la siguiente tabla (3.3). (Morales Sánchez & Amaro Rosales (Coordinadores), 2019).

En el caso de Estados Unidos, al inicio, las pequeñas empresas de biotecnología, para poder sobrevivir, y en algunos casos, trascender, tenían que aliarse con grandes empresas farmacéuticas tradicionales, que comercializaban con productos químicos, las primeras por su inexperiencia y desconocimiento del mercado y las segundas por la necesidad de asimilación tecnológica y la oportunidad que representaba las capacidades innovativas de las pequeñas empresas. Se presentó, en este caso, un proceso de centralización de capital, que fue necesario para la consolidación de las nuevas empresas innovadoras.

Esto también trajo grandes cambios en las grandes empresas farmacéuticas ya que, con la introducción de estas nuevas tecnologías, complementaban su cartera de productos, lo que provocó que estas empresas necesitaran que se desarrollaran nuevas innovaciones con cierta frecuencia, para poder mantener su posición de

mercado por medio de productos diferenciados, lo que aumentaba también la necesidad de insumos e investigación. Esto los hace dependientes de la cadena productiva. Algunas de estas empresas se integraron verticalmente, teniendo participación en toda la cadena, mientras que otras se especializaron solo en algunas fases, generalmente las últimas etapas, por el riesgo y la inversión requerida que conlleva en las primeras etapas.

Esto definió también el proceso de distribución o apropiación del valor, generado en el proceso productivo, por estas empresas y que define la estructura de la industria en la actualidad, que se ha deslocalizado de sus países de origen y ha permitido la movilidad de ciertas actividades y procesos que generan menos valor, como el proceso de manufactura, a otros países, pero mantiene los procesos que más generan, propiamente el proceso de asimilación tecnológica (creación de productos) y la comercialización.

Surgen diferentes tipos de empresas cuya actividad se basa en la biotecnología, ya sea de forma parcial o total, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3.3. Categorización de la OCDE de empresas biotecnológicas	
Start ups	Dedicadas a la investigación y desarrollo (I+D) fundamentalmente. Estas empresas se ubican en los primeros segmentos de la cadena de valor como proveedores de conocimiento.
Pequeñas y medianas empresas dedicadas a la I+D	Además de producción y comercialización de procesos y servicios biotecnológicos. Tienen la posibilidad de operar transversalmente como proveedores en los distintos segmentos de la red, o bien, pueden organizarse intra-firma, o inter firma con asociaciones verticales que podría ser cautivas o relacionales, debido a la naturaleza del producto/proceso en términos de complejidad de las transacciones y competencia de los proveedores.
Pequeñas y medianas empresas diversificadas	Se encuentran en sectores industriales ya establecidos como la química o los alimentos y dotan a los mercados ya desarrollados con productos y procesos especializados en biotecnología; y funcionan como proveedores en distintos segmentos y sectores.
Empresas multinacionales dedicadas a la biotecnología	Cuentan con una larga historia en mercados de insumos alimenticios y se enfocan en el desarrollo de procesos y productos altamente tecnológicos, asociadas a los segmentos más rentables de la red, por su capacidad financiera y de comercialización.
Empresas multinacionales diversificadas	Sus puntos fuertes incluyen una amplia e integrada cartera de tecnología que complementa los procesos de biotecnología industrial, tales como las tecnologías de purificación, recursos técnicos adicionales y recursos financieros significativos.
Retomado de: (Morales Sánchez & Amaro Rosales (Coordinadores), 2019, pág. 137)	

Esta industria se ha desarrollado durante las últimas 5 décadas, y la participación y diferenciación en el mercado se ha vuelto muy relevante. Varios de los medicamentos que más ventas reportan en los últimos años son los biotecnológicos, además de que también se ha avanzado en los procesos de propiedad intelectual, lo que hace más fuerte la competencia en el mercado. Se han presentado condiciones que han afectado los flujos de capital en los mercados financieros internacionales, derivados de los procesos de proteccionismo que han adoptado algunas economías, como Reino Unido y Estados Unidos, como se describió anteriormente. Todo esto ha contribuido a que las grandes empresas cambien sus estrategias de posición y posicionamiento en el mercado, marcado por una subida de operaciones de fusiones y adquisiciones de importantes empresas biotecnológicas, no solo a nivel de pequeñas empresas, también se presentan a nivel de grandes corporativas transnacionales, como se observa en la siguiente tabla (3.4). En 2016, se presentaron 16 fusiones entre empresas biotecnológicas en operaciones que rebasaron más de 1,000 millones de dólares, la mayoría de estas dentro del mercado estadounidense, y de 2007 a 2016 se han hecho fusiones en promedio de 50 operaciones por año (EY, 2017), lo que denota este proceso de corporativismo y competencia entre las grandes empresas, como se ilustra en la siguiente figura (3.4)

Figura 3.4. Proceso de centralización de capital entorno a la industria biotecnológica.



Fuente: Elaboración propia con referencia de (EY, 2017)

Tabla 3.4. Principales fusiones y adquisiciones en 2016				
Empresa	País	Empresa adquirida	País	Valor Potencial mdd
Shire	Irlanda	Baxalta	EUA	32,000
Pfizer	EUA	Mediavallon	EUA	14,000
Mylan	RU	Meda	Suecia	9,900
AbbVie	EUA	Stemcentrx	EUA	9,800
Pfizer	EUA	Anacor Pharmaceuticals	EUA	5,200
Danaher	EUA	Cepheid	EUA	4,000
Celgene	EUA	EngMab	Suiza	3,080
Celgene	EUA	Acetylon Pharmaceuticals	EUA	2,446
Allergan	Irlanda	Tobira Therapeutics	EUA	1,695
Galenica	Suiza	Relypsa	EUA	1,530
Jazz Pharmaceuticals	Irlanda	Celator Pharmaceuticals	EUA	1,500
Astellas Pharma	Japón	Ganymed Pharmaceuticals	Alemania	1,418
Thermo Fisher Scientific	EUA	Affymetrix	EAU	1,300
Merck & Co.	EUA	Afferent Pharmaceuticals	EUA	1,250
Gilead Sciences	EUA	Nimbus Apollo	EUA	1,200
Allergan	Irlanda	Chase Pharmaceuticals	EUA	1,000

Fuente: Retomado de (EY, 2017, pág. 6)

En este panorama, las empresas de países desarrollados, con una industria de biotecnología sólida, Estados Unidos y Europa, tienen una ventaja muy importante, por el apoyo financiero y el conocimiento del mercado que estas manejan y, se puede concluir, que dominan gran parte de la cadena productiva, confinando a naciones con una industria menos desarrollada a ser cautivos de procesos dentro de la cadena, en procesos que no generan mucho valor con respecto al producto final.

Bajo estas condiciones es como las nuevas empresas se insertan al proceso productivo, y que como se estudia más adelante, economías como la mexicana, se deben plantear estrategias que permitan desarrollar actividades de mayor desarrollo

tecnológico e involucrarse en procesos de asimilación tecnológica e innovación, para poder saltar la brecha de atraso en el desarrollo de estas tecnologías.

3.3 Los retos de las empresas frente al desarrollo biotecnológico

La industria biotecnológica, en especial las grandes empresas, tienen una fuerte dependencia de los mercados financieros para captar capitales, por lo que dependen de las expectativas que se generan entorno a la regulación y las políticas públicas sanitarias y su afectación sobre las ventas y ganancias de la industria, sobre todo si se presentan en el mercado más importante de la industria, Estados Unidos. En 2016 se manejaba la posibilidad en Estados Unidos de la regulación de los precios de los medicamentos, además de reformas en el sistema sanitario, y desde esta simple especulación, se presentó una fuerte caída en la captación de capital, como se observa en la Gráfica 3.2 (EY, 2017).

Esto ilustra uno de los principales retos que enfrenta la industria actualmente, ya que se ha generalizado a nivel mundial una demanda en contra de los altos precios que manejan los medicamentos, entre ellos los biotecnológicos, y que ciertamente hace inaccesibles ciertos tratamientos para toda la población, por lo que una política de regulación es latente, ante la cual las empresas han demostrado oposición, argumentando que reduciría el margen de ganancias y de inversión que destinan a desarrollo e investigación (BBC, 2017).

Ante esta problemática, es importante observar que opciones se tienen en el marco innovativo para mejorar en los procesos y disminuir los costos. Este hecho, incluso se puede relacionar a otros elementos de inducción de innovaciones que se mencionó en el capítulo 1, ya que las demandas de la población justamente se hacen en el marco de su poder adquisitivo (lucha de clases) y los argumentos de las empresas para sostener los precios se hacen en el marco del tiempo, inversión y riesgo de los procesos de innovación (cuello de botella intratécnicos).

Recientemente se destaca la evolución de la tecnología de la Inteligencia Artificial y sus múltiples aplicaciones. Estos avances también se pueden encontrar en el campo de la biotecnología, ya que recientemente se ha utilizado la IA en el proceso

de selección de los compuestos viables para realizar las pruebas clínicas, acortando el proceso de selección y pruebas de la primera fase de 6 años a unas pocas horas. Además, se han desarrollado nuevos campos, como la bioinformática, que prometen generar nuevos tratamientos especializados, como la medicina personalizada, con estructura de costos y personal más reducidos (Sanz, s.f.).

Esto lleva también a otro de los retos para la industria y es la evolución de la investigación y aplicación a niveles multidisciplinarios, ya que a pesar de que la investigación era multidisciplinaria, se mantenía dentro del campo de las Ciencias de la Vida, y la tendencia marca que cada vez más se necesita de la informática, tecnologías de la información y la ingeniería para avanzar en este campo.

Con esto, se tiene un panorama más amplio con respecto a lo que se enfrentan las empresas biotecnológicas mexicanas y ante la cual deben adaptarse e insertarse en la cadena productiva, las necesidades que se derivan de las condiciones de mercado y las tendencias globales en cuanto a la investigación, desarrollo y competencia que caracterizan a la industria actualmente.

3.4 La biotecnología médica en México. El sector público

La biotecnología médica en México es todavía un campo en crecimiento, impulsado desde la investigación académica, la cual, es la esfera más desarrollada en infraestructura y fuerza de trabajo, ya que pocas empresas que se dedican a esta rama, tienen actividades de investigación básica y desarrollo de productos. Es por esto, que gran parte de la actividad en esta industria se concentra en ciertas actividades que representan un menor riesgo.

Como se analizará en los siguientes párrafos, gran parte del esfuerzo que se realiza en investigación en biotecnología, y en especial de la BM, se conduce bajo la dirección de los Institutos de Educación Superior (IES), principalmente el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). También toman parte dentro de los Centros Públicos de Investigación (CPI) CONACYT y algunas universidades públicas estatales y privadas.

3.4.1 Los Centros Públicos de Investigación dedicados a la biotecnología

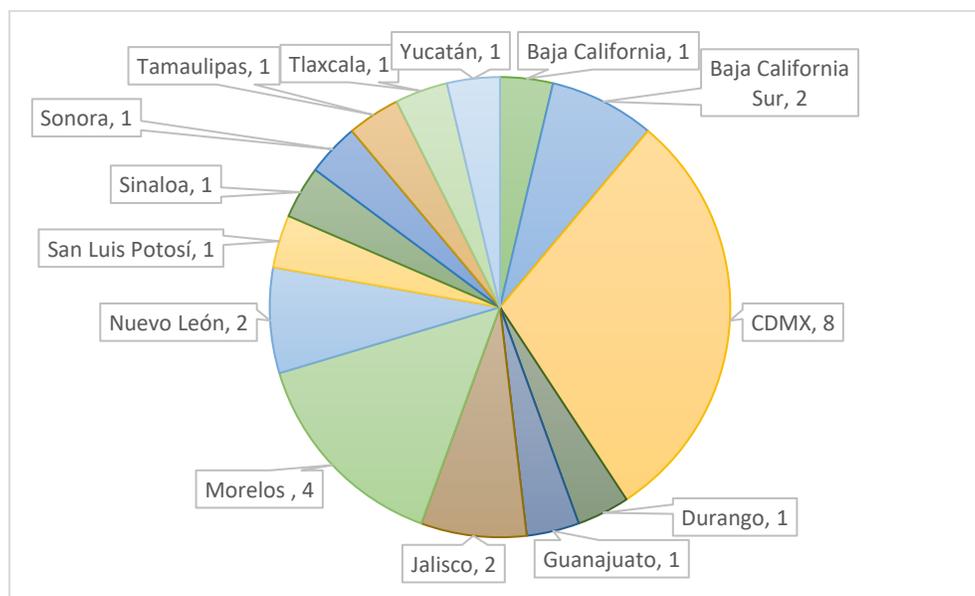
De acuerdo a datos de ProMéxico, en México se cuenta con 27 CPI especializados en biotecnología (Tabla 3.5). De estos 11 pertenecen al IPN, 5 a la UNAM, 5 a CONACYT, 5 a universidades y Centros de Educación estatales y 1 a la Secretaría de Salud (SS).

Centros de Investigación	Entidad Federativa
Instituto de Investigaciones Biomédicas UNAM (IIB)	Distrito Federal
Instituto de Fisiología Celular UNAM	Distrito Federal
Centro de Ciencias Genómicas UNAM (CCG)	Morelos
Instituto de Biotecnología UNAM (IBt)	Morelos
Facultad de Química UNAM	Distrito Federal
Instituto Nacional de Medicina Genómica de la Secretaría de Salud (INMEGEN)	Distrito Federal
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) D.F.	Distrito Federal
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Irapuato	Guanajuato
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR)	Baja California Sur
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB)	Distrito Federal
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional (UPIBI)	Distrito Federal
Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (CIEMAD)	Distrito Federal
Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional (CEPROBI)	Morelos
Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional (CBG)	Tamaulipas
Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional (CIBA)	Tlaxcala
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Durango del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR Durango)	Durango
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR Sinaloa)	Sinaloa
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California CONACYT (CICESE)	Baja California
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. CONACYT (CIBNOR)	Baja California Sur
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco CONACYT (CIATEJ)	Jalisco

Centros de Investigación	Entidad Federativa
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica CONACYT (IPICYT)	San Luis Potosí
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. CONACYT (CIAD)	Sonora
Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. CONACYT (CICY)	Yucatán
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara (CUCBA)	Jalisco
Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos	Morelos
Instituto de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Nuevo León	Nuevo León
Centro de Biotecnología FEMSA- Tecnológico de Monterrey	Nuevo León
Fuente: (ProMéxico, 2014, pág. 16)	

Se comentó en el capítulo anterior, que una de las metas que se planteaban en los PECITI's del periodo analizado era precisamente la desconcentración de las actividades e infraestructura científica hacia el interior de la República. Si bien, como se muestra en la siguiente gráfica (3.3), los CPI especializados en biotecnología se encuentran en 14 entidades del país, la Ciudad de México (CDMX) y Morelos son las entidades en las que se encuentra el mayor polo de infraestructura en biotecnología, y por ende de investigación y de inversión pública.

Gráfica 3.3. CPI por entidad federativa



Fuente: Elaboración propia con datos de (ProMéxico, 2014)

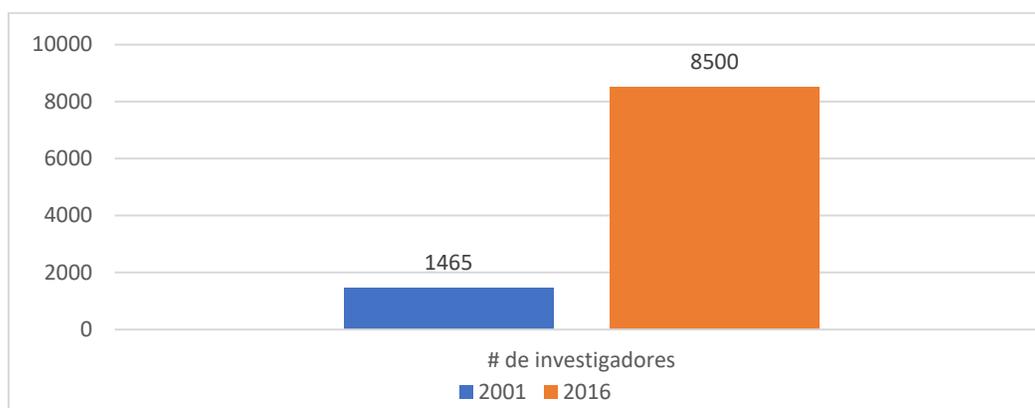
En este mismo sentido, para desarrollar las capacidades regionales de investigación en biotecnología, se han creado clústeres que conjuntan la capacidad de investigación de la academia y la industria, además de generar proyectos de la mano de la inversión pública. Los clústeres se muestran en la siguiente tabla (3.6).

Tabla 3.6. Clústeres de investigación en biotecnología	
Clúster Guanajuato: Biotecnología vegetal y agrobiotecnología.	Participan: <ul style="list-style-type: none"> • CINVESTAV (IPN) • TECELAYA • Universidad de Guanajuato • Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias
Clúster Nuevo León: Biología molecular, agrobiotecnología e investigación biomédica.	Participan: <ul style="list-style-type: none"> • Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). • Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).
Clúster Jalisco, Bioclúster de Occidente: Investigación clínica y cuidado de la salud, producción de farmacéuticos y manufactura avanzada.	Participan: <ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Guadalajara (UdeG). • Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ). • Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). • Cámara Regional de la Industria de la Transformación. • Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología. • Empresas farmacéuticas.
Clúster Morelos: Biología, biotecnología, genómica y salud.	Participan: <ul style="list-style-type: none"> • Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). • Instituto Nacional de Salud Pública. • Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Fuente: (ProMéxico, 2014)	

3.4.2 La fuerza de trabajo y el mercado laboral en la industria de biotecnología

Parte fundamental de la estrategia para la conformación del Sistema de Innovación es incrementar la fuerza productiva para fomentar e incrementar las actividades y capacidades de investigación. Este es un indicativo muy significativo para medir el avance en las estrategias de la política científica implementada, ya que refleja la capacidad de absorción de los alumnos formados, que a la vez está aunada a la capacidad financiera y de infraestructura presente.

Gráfica 3.4. Investigadores en Biotecnología y Ciencias de la Vida registrados en el SNI.



Fuente: (CONACYT, 2001, pág. 37) y (PROMEXICO, 2016)

Como se puede observar en la gráfica anterior, al avance es importante en cuanto a la cantidad de investigadores absorbidos en áreas relacionadas directamente con la investigación en biotecnología. Se puede identificar una relación directa con el incremento de la capacidad de instalaciones, programas de incentivos públicos y GIDE, como se observó en el capítulo anterior. Es por eso, que es necesario incentivar los mecanismos y políticas de inversión en materia de CyT, que puedan generar un efecto arrastre, que afecte a varios campos dentro del Sistema de Innovación, como es el del capital humano.

De igual forma, es importante considerar la captación de la fuerza de trabajo en investigación aplicada desde la academia. Se estima que en 2010 había 3100 investigadores trabajando en biotecnología y biociencia aplicada, y la mitad de estos en áreas de productos farmacéuticos (Morales Sánchez & Amaro Rosales (Coordinadores), 2019, pág. 181)

A pesar de esto, se presenta una ventana de oportunidad muy importante en este tema, ya que existe un fuerte problema de absorción de egresados de posgrado en estas áreas. Para 2011, egresaron de posgrados relacionados a temas de biotecnología, 18,500 alumnos (ProMéxico, 2014), que representa el doble de toda la nómina de investigadores SNI en biotecnología para 2016.

Derivado de esta situación, se presenta una fuerte migración de alumnos formados en posgrado, que representa capital humano altamente especializado, a países que les presentan mejores oportunidades de empleo y desarrollo profesional. Esto se refleja en el nulo crecimiento de la productividad total de los factores, como se mencionó en el capítulo 2 (Gráfica 2.2).

3.5 La biotecnología médica en México en el sector privado

El mercado farmacéutico mexicano es uno de los más importantes del continente, situándose detrás de Estados Unidos, Canadá y Brasil, y es el número 12 a nivel mundial. Es el tercer mercado de consumo más importante del continente, y el principal exportador de la región de América Latina (Secretaría de Economía, s.f.). Esto define al sector farmacéutico mexicano como uno de los campos más importantes para el país y con mayor proyección.

Durante los últimos años, se ha presentado una tendencia a la baja en el valor del mercado farmacéutico (Tabla 3.7), derivado de una baja en la captación de IED en este rubro. En el periodo de 2007 a 2012 se captó en promedio 210.6 millones de dólares, mientras que 2013 a 2015 solo se captó 86.7 millones de dólares (Secretaría de Economía, s.f.). Esto como resultado de la disminución de proyectos de inversión gestados, y por las condiciones en los mercados de capitales internacionales, que sufrieron fuertes fluctuaciones en estos años y las perspectivas de las políticas sanitarias, como se mencionó anteriormente.

Años	Millones de pesos	% del PIB manufacturero	Variación anual
2013	92,612	3.4	-1.0
2014	82,029	2.8	-3.6
2015	82,797	2.7	-1.6

Fuente: (Secretaría de Economía, s.f.)

A pesar de esto, el valor agregado de las exportaciones de productos farmacéuticos incrementó, pasando de representar el 17.5% en 2012 a 28.3% en 2014 como porcentaje de la producción manufacturera global (Secretaría de Economía, s.f.). Este avance es significativo, pero también refleja, como se mencionaba en párrafos

anteriores, que gran parte de los procesos innovadores y tecnológicos se generan en partes de la cadena en las que las empresas mexicanas no participan. Esto es un problema fundamental, ya que las empresas biotecnológicas nacionales se encuentran cautivas en la cadena global, lo que frena los procesos de desarrollo tecnológico, principalmente porque, desde la política pública y dadas las condiciones de las empresas nacionales, no se presentan incentivos para incursionar en campos de desarrollo e investigación, y al contrario, se opta por una política de captación de IED para manufactura en BM.

Otro aspecto fundamental del mercado mexicano es la apertura del mismo. México cuenta con un gran número de tratados y acuerdos de libre comercio. Reflejo de esto, es que el comercio farmacéutico en México alcanzó 7,513 millones de dólares en 2015. Uno de los principales acuerdos para acceso a mercados internacionales en productos farmacéuticos, tanto en inversiones y colocación de productos, se presenta por medio del Tratado de Asociación Transpacífico (TTP). A pesar de esto, también se enmarca una fuerte relación comercial bilateral entre México y Estados Unidos, ya que el principal destino de las exportaciones y origen de las importaciones mexicanas se relacionan con el vecino del norte, mientras que, en relación con los países de América Latina, el principal destino de exportaciones, importaciones e inversiones de los productos y empresas norteamericanos es México.

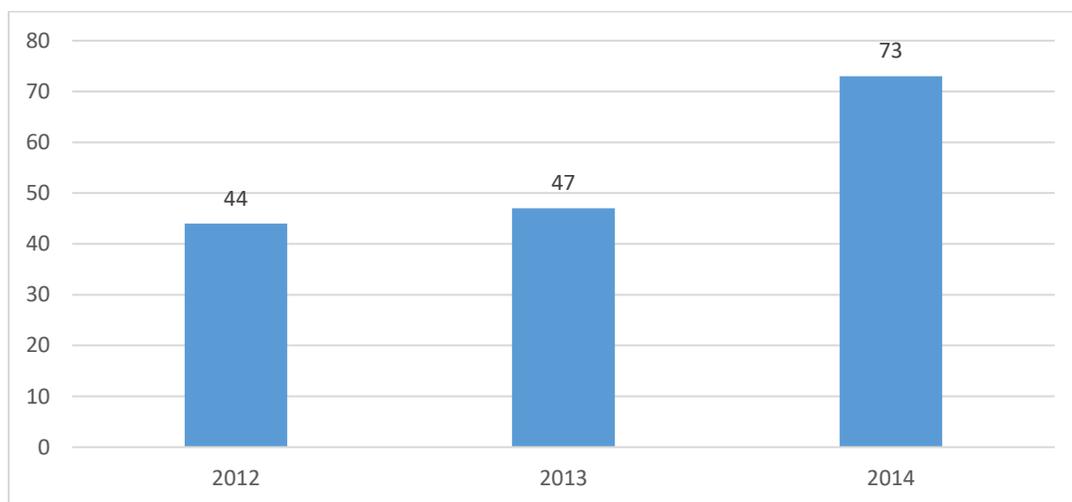
Estas condiciones afectan directamente la actividad de las empresas biotecnológicas y el panorama en el que se encuentran. Según información de ProMéxico, el último reporte realizado en 2014 arrojaba un conteo de 180 empresas dedicadas a la biotecnología, de estas 41, se dedican a la BM, contando entre empresas mexicanas y empresas transnacionales (ProMéxico, 2014).



Es importante destacar que muchas de las empresas de capital extranjero con presencia en el mercado nacional, son aquellas que dominan el mercado mundial en cuanto a su volumen de ventas. Se destaca las siguientes empresas: Pfizer Inc (EUA), F.Hoffman-La Roche (Suiza), Merck & Co. Inc. (EUA), Astra Zeneca PLC (Reino Unido), Boehringer Ingelheim GmbH (Alemania), Teva Pharmaceutical Industries (Israel), Amgen Inc. (EUA), Baxter Internacional Inc. (EUA), que en 2012 alcanzaron un volumen de ventas por 254 mil millones de dólares a nivel global.

La presencia de estas corporaciones globales, principalmente de Estados Unidos, mayor socio en cuanto a IED, configura la cadena productiva ya que, bajo estas condiciones de competencia, las empresas mexicanas se insertan a la cadena manufacturera a través de la producción de insumos y productos intermedios para la industria, y en la manufactura de medicamentos y similares (Gráfica 3.5). La desventaja de la industria nacional se refleja en su incapacidad de afrontar los requerimientos financieros que conlleva la investigación y la de captación de capital, además de la diferencia que se presenta en la brecha tecnológica aunada a la protección industrial de productos.

Gráfica 3.5 Importaciones estadounidenses de productos biotecnológicos mexicanos (Millones de dólares)



Fuente: (ProMéxico, 2014)

Es en partes de la cadena, donde estos requerimientos de inversión no representan un riesgo mayor, pero donde el componente de innovación es muy bajo, donde se presenta la mayor actividad para las empresas nacionales, lo que, desde el marco productivo, refleja la falta de condiciones para desarrollar sinergias innovativas en esta industria.

Esto influye en otra de las características del sector, los costos de las pruebas clínicas y otros procesos de producción con respecto a Estados Unidos, como se refleja en la siguiente Tabla 3.8, son menores con respecto a los laboratorios estadounidenses. Esto a pesar de que también representa una ventaja para las empresas mexicanas, se ha enfocado a la captación de capitales extranjeros, y que se refleja en la cantidad de pruebas clínicas que se hacen en el país, avaladas por la Cofepris.

I+D en Biotecnología	-35.90%
Pruebas Clínicas	-31.50%
Test de Producto	-39.30%
Manufactura de fármacos	-14.40%
Fuente: (ProMéxico, 2014)	

A pesar de esto, existen casos de empresas biofarmacéuticas mexicanas que lograron posicionarse en el mercado, aprovechando el desarrollo tecnológico y las alianzas con otros agentes dentro del Sistema de Innovación, que, aunque se presenten como casos singulares, es necesario analizar las condiciones sobre las que desarrollan sus actividades y con esto elaborar un marco de referencia de los puntos a fortalecer para mejorar los incentivos desde la estructura productiva.

Dentro del marco de análisis, una empresa especializada en biotecnología se identifica por la inversión y reinversión de una proporción de sus ventas que obtiene para el desarrollo de productos tecnológicos, generando insumos o productos de consumo final, pero por motivos de este estudio, lo que interesa es observar a aquellas empresas que completan el círculo de innovación, y dado esto, generan la mayor parte del valor en sus productos.

Existen empresas mexicanas que cumplen con estas características y que, a pesar de las condiciones de competencia en el mercado nacional, se abren paso para adentrarse en el campo innovativo de la BM. Se tomará como ejemplo a tres de estas empresas: Laboratorios Silanes (mediante el Instituto Bioclón), Probiomed y Laboratorios Liomont (Tabla 3.9).

Las empresas que se consideran, cumplen con todas las condiciones descritas de las *empresas transnacionales dedicadas a la biotecnología* del cuadro 3.3, por lo que se puede concluir que cumplen un circuito de innovación entorno a la investigación en biotecnología y son referentes dentro de la industria mexicana.

Tabla 3.9. Farmacéuticas biotecnológicas de capital mexicano que generan innovación. *			
Circuito y condiciones para innovación	Laboratorios Silanes	Probiomed	Laboratorios Liomont¹
Desarrollo de productos	Si	Si	Si
Pruebas clínicas	Si	Si	Si
Aprobación y Patentamiento	Si (Cartera de más de 100 productos, 11 patentes nacionales y 99 extranjeras)	Si (Cartera de 9 productos biocomparables)	Si (1 Vacuna de base biotecnológica)
Manufactura	Si	Si	Si
Comercialización	Si	Si	Si
Vinculación Estado	Si (Pertenece al sistema RENIECYT)	Si	Si
Vinculación Academia	Si	Si	SI
Reinversión para desarrollo de productos	Si (10% de ventas anuales en I+D)	Si (20% de ventas anuales en I+D)	Si
Exportación e internacionalización	Si	Si (Exporta a 14 países)	Si (Presencia en 17 mercados)
Fuente: (Laboratorios Silanes, 2020) (Probiomed, 2020) y (Laboratorios Liomont, 2020)			
¹ Laboratorios Liomont empezó actividades de biotecnología en 2016 con la vacuna Flublok y la apertura de la planta Biotech.			
*Esta tabla toma como referencia las actividades de la cadena productiva que se ilustra en la Figura 3.3, a excepción de la fase de "Imitación" y, además, se consideraron algunas características que son necesarias dentro de industrias consolidadas y con una estructura vertical, como se ha estado analizando: una vinculación estrecha con los agentes del ecosistema de innovación y la reinversión en I+D			

Como parte de todo este análisis, es importante recalcar que estas empresas han logrado establecer alianzas con otras plataformas de investigación y comercialización, como los CPI, empresas transnacionales y otras empresas especializadas en biotecnología y farmacéuticas.

También es importante mencionar que, en estos casos, las empresas no solo cuentan con productos biotecnológicos, sino más bien, cuentan con una canasta más amplia que incluye productos químico-farmacéuticos, terapéuticos e incluso similares. En el caso de los Laboratorios Liomont, su incursión en el campo de la biotecnología es muy reciente, y esto ante la necesidad y la oportunidad que representó para esta empresa.

A pesar de esto, estas empresas se encuentran ante muchas dificultades, como se mencionaba, dada la fuerte competencia de empresas farmacéuticas transnacionales y las barreras que estas imponen. Un caso muy significativo de esto se presentó en 2013, con un conflicto entre la empresa Probiomed y la transnacional suiza Roche, por el caso del medicamento Rituximab. Probiomed ya contaba con la autorización por parte de la Cofepris para comercializar con el producto, pero ante la presión por la empresa suiza, al alegar un problema de propiedad intelectual, se le fue retirado ese permiso a la empresa mexicana, lo que ocasionó una fuerte pérdida en ventas e ingresos (Pallares, 2017).

Ante esta situación, el entonces Director General de Probiomed, Jaime Uribe, destacó varias de las problemáticas a las que se enfrentan los laboratorios mexicanos en temas de biotecnología, como se mencionan a continuación (Pallares, 2017):

- Los apoyos para las inversiones en investigación y desarrollo son aprovechados por empresas que ni siquiera aportan un valor agregado para el país. Probiomed estima que 90% de cada peso en ventas de su empresa se queda en México, mientras que 90% de cada peso que genera una multinacional se va al extranjero.
- Todos los incentivos que se tienen en México para una farmacéutica nacional, favorecen en mayor medida a las transnacionales.
- En México, hay una serie de medidas que permiten al gobierno federal estimular la economía local, por ejemplo, mediante las compras de gobierno.

- La política es para ayudar a laboratorios pequeños que tienen productos muy maduros y que no hacen investigación en el país. Las empresas innovadoras compiten en igual de circunstancias contra quienes importan los fármacos.
- No se tiene una política farmacéutica que ayude al país y para los empresarios farmacéuticos mexicanos que invierten, las posibles pérdidas son enormes.

Todo esto refleja los problemas que se han analizado dentro de estos capítulos; la falta de una integración de las políticas científicas con las políticas sustantivas; aunado a esto, la falta de integración de políticas y estrategias en ciencia y tecnología en un horizonte de tiempo adecuado; la falta de liderazgo y protección comercial de actividades innovativas; y la falta de integración de políticas de oferta y demanda de productos científicos y tecnológicos que generen una mayor sinergia para los actores involucrados.

Por esto, es necesario hacer una reestructuración de los objetivos y las metas que se plantean entorno a las acciones encausadas para incentivar la CyT. Como se ha analizado, se han enfocado más esfuerzos para incentivar la oferta de servicios y productos tecnológicos, principalmente mediante la academia, pero se ha dejado de lado la demanda de los mismos, razón por la cual, no se presenta una mejora en cuanto a los resultados derivados de los esfuerzos en GIDE. En el siguiente capítulo se abordará una alternativa que permita encausar políticas entorno a esta estrategia.

3.6 Conclusiones

La industria de biotecnología es una rama aún en crecimiento, por lo que se presenta una ventana de oportunidad muy importante para lograr insertarse a las economías del conocimiento con prioridad en la CyT. Mucho del éxito de la biotecnología se deriva de los resultados en los tratamientos y aplicaciones en salud, por lo que es un campo muy innovativo y muy amplio.

Esta industria depende en gran medida de la estructura que hay a su alrededor, tanto de la capacidad institucional, así como de investigación y financiamiento para

su impulso y consolidación. El éxito de las estrategias implementadas depende de liderazgo que logre implementar el Estado para este cometido.

El mercado farmacéutico global se ha repartido entre países con grandes empresas farmacéuticas, siendo el principal agente en el mercado Estados Unidos, pero recientemente, dada las condiciones financieras y económicas globales, se ha abierto la posibilidad para la entrada a nuevos agentes.

Dadas las condiciones de la cadena productiva, se ha dividido el proceso productivo, entre las actividades más innovativas de las menos, Las primeras son acaparadas por las empresas transnacionales con respaldo de sus gobiernos, y las segundas son deslocalizadas a países con industrias menos desarrolladas para abaratar costos.

En México, existe una importante infraestructura de investigación principalmente en el sector académico, pero las condiciones de mercado y la entrada al mismo está determinada por las industrias transnacionales, ya que éstas son las que generan mayor inversión, empleo y abasto de medicamentos en el mercado nacional.

A pesar de esto, se cuenta con empresas mexicanas que tienen la capacidad para generar productos biotecnológicos, desde el desarrollo hasta la comercialización, y que pueden servir como plataformas para otras empresas, dada su experiencia, para lograr establecerse en el mercado. Estas empresas enfrentan una fuerte presión por la competencia de empresas transnacionales y por regulaciones y leyes que no favorecen la inversión nacional y, contrariamente, favorecen en mayor medida la IED.

Capítulo 4. Una política fármaco-biotecnológica en México para el desarrollo de biotecnología médica.

Las condiciones económicas e institucionales para el caso mexicano, limitadas a un Estado ausente de los procesos productivos e inversión productiva, por lo tanto, fuera de un papel protagónico en la vida económica, mantiene un esquema de políticas que persigue objetivos distintos respecto a la creación tecnológica, o incluso, la implementación de una estrategia de incentivos eficiente para la producción de CyT. Por tal motivo, los esfuerzos en política de gasto en CyT en el periodo analizado han quedado en un plano secundario, de acuerdo a las metas sociales y económicas para el desarrollo de una industria nacional consolidada en biotecnología, y las estrategias entorno a la CyT no tienen el alcance necesario ni la perspectiva adecuada.

Se han impulsado varias estrategias de apoyo a las actividades de investigación, por medio de programas, políticas e instrumentos de apoyo financiero para incrementar las capacidades en infraestructura y personal capacitado en actividades de desarrollo biotecnológico, como se analizó en el capítulo anterior pero, dado el planteamiento de estas estrategias los efectos esperados se ven aminorados por la falta de oportunidades para que tengan una mayor relevancia dentro del aparato productivo nacional, mediante una participación más trascendente, más activa y con mayor reconocimiento por los miembros de la sociedad.

El resultado ha sido un proceso contraproducente para las actividades en CyT ya que, al no contemplarse como una actividad principal, la disponibilidad de recursos ya sea financieros y de planeación se vuelve dependiente de factores fuera de la planeación de las políticas, como los cambios de gobierno, reducciones en presupuesto, o simplemente la voluntad de seguir una estrategia en CyT. Esto afecta de forma directa a la investigación, ya que se adelgaza el mercado laboral de personal altamente capacitado, lo que es un obstáculo para lograr un mejor esquema de ecosistema de innovación. De igual forma se desaprovecha la capacidad de infraestructura en equipo e instalaciones, dadas las condiciones de

financiamiento y apoyo a programas de investigación, ya que no se utiliza a su capacidad óptima, e independientemente de su uso o no, estas tienen un periodo de vida útil y de obsolescencia, que cada vez es más rápido, como se analizaba el capítulo pasado.

Es visible que la falta de una política de integración, que vincule a las actividades en CyT con áreas o tareas sustantivas del Estado (Salud, Industria, Economía, Medio Ambiente, etc.), y la esfera comercial, productiva e incluso de divulgación social, ha llevado a esta situación de deterioro en las condiciones de investigación en el país. Estos estratos deben ser complementarios, enmarcando la necesidad que se presenta de un liderazgo dentro de esta colaboración, para poder consolidar una planeación eficaz y eficiente para que el desarrollo tecnológico sea un campo relevante y de gran valor para la economía. Para esto, es necesario identificar qué tipo de políticas puede incentivar estas formas de integración. En este capítulo se aborda un análisis de la estructura programática entorno a la CyT, enfocado en el sector salud, y las adecuaciones necesarias para que se establezca un escenario de mejora en el desempeño institucional y de asignación de recursos entorno a un esquema definido de política de salud, en su vertiente fármaco-biotecnológica, con enfoque en CyT.

Como eje principal, es necesario tener presente las condiciones necesarias que se deben atender al momento de proponer un esquema de políticas de inversión para innovación, que como se mencionó en el capítulo 1 se refiere a: 1) el horizonte temporal de largo plazo de la inversión y 2) la nula aversión al riesgo que representa este tipo de inversión (Mazzucato, El Estado emprendedor. Mitos del sector público frente al privado, 2017). De acuerdo a esto, el esquema de las políticas de integración debe comprender un liderazgo muy importante por parte del Estado en su conducción, ejecución y administración. En los siguientes párrafos se aborda este tema.

4.1 Hacia una política integral de inversión en Ciencia y Tecnología

Como se describió en el segundo capítulo, el arreglo institucional alrededor del ecosistema de innovación es fundamental para cumplir el que debe ser el principal

objetivo del sistema: *la generación de innovación*, lo que se logra mediante la creación o facilitación de los medios para favorecer la *producción* tecnológica y su comercialización, y es aquí donde el Estado debe tener una participación relevante, ya que dependiendo de la eficiencia y eficacia de las políticas que este implementa, y su liderazgo para llevarlas a cabo, depende el éxito de un programa en CyT. Pero, dado los resultados observados a lo largo del análisis, se demuestra que una parte fundamental para lograr este objetivo ha sido desatendida a la hora de la planeación de las estrategias: no hay una salida para los resultados de investigación, por lo que no existe un *consumo* suficiente de los mismos, tanto en la esfera productiva, como pública. Este punto es fundamental, ya que precisamente este es el eje sobre el que la sinergia en el ecosistema de innovación se sustenta y en general de toda actividad económica: incentivar la *dinámica de producción y consumo* de servicios y productos tecnológicos. Es por esto que una política que busque atender de mejor forma los problemas y necesidades del ecosistema de innovación debe abordar una estrategia para ambas partes de esta dinámica.

Si bien, se ha favorecido la cooperación entre empresas y Centros Públicos de Investigación (CPI) mediante programas de iniciativa conjunta de inversión, que de forma justificativa en el discurso, es una actividad que va acorde a este objetivo, estos no han tenido el impacto necesario para sumar una mayor intensidad en esta cooperación, ya que como se mencionó, el esquema productivo mexicano y la política liberal y de transnacionalización de la economía del Estado mexicano, no tiene como prioridad las actividades intensivas en capital de alta tecnología, y se prioriza las actividades que estén enfocadas al comercio internacional y de atracción de capital mediante la Inversión Extranjera Directa (IED) y de cartera. Esta es una de las principales limitantes en la concepción del ecosistema de innovación.

Ahora bien, las políticas en innovación deben de verse desde un enfoque particular, por decirlo de alguna forma, ya que las condiciones de cada economía son distintas entre sus pares, lo que quiere decir que las medidas o herramientas vistas desde la teoría económica deben verse bajo una perspectiva enfocada a las condiciones propias, y ser adaptativas con las mismas. Como expresa Gustavo Crespi, de la

División de Competitividad, Tecnología e Innovación del BID (Gómez Osorio, Fúnez, Robert, Zepeda, & Juárez, 2019, pág. 54):

“Hacer un programa que apoye la innovación es diferente a cualquier otro, porque no es tan claro ni el problema, ni la solución, ni la forma de implementación. Tampoco se puede simplemente copiar y pegar una experiencia exitosa sacada de otro lugar.”

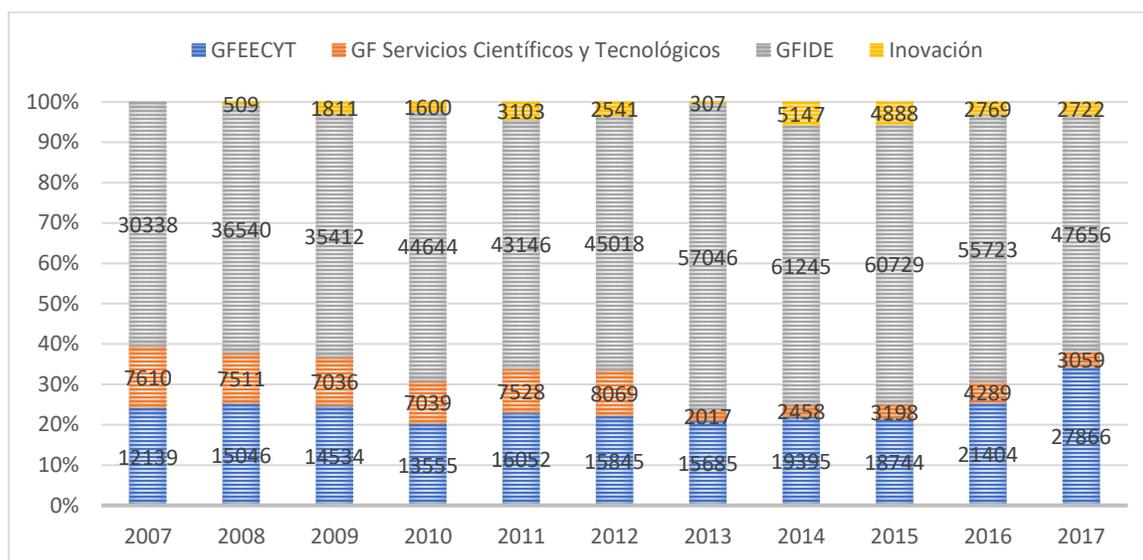
Por esto, la flexibilidad, la velocidad de implementación de las estrategias y la adaptación de las instituciones, son factores necesarios para mejorar el sistema de innovación y el arreglo institucional alrededor del mismo. Es necesario que los objetivos del Estado no se limite únicamente a formar una agencia o institución (en el caso mexicano, un Consejo) encargada de apoyar ciertas actividades de innovación, más bien, se debe plantear el cumplimiento de un programa de innovación progresivo entre las ramas de las actividades económicas y darle una “mayor institucionalidad y orientación estratégica” (Gómez Osorio, Fúnez, Robert, Zepeda, & Juárez, 2019).

Como se analizó en el caso de la industria biotecnológica estadounidense, los apoyos financieros, la reconversión institucional y la adaptación empresarial fueron fundamentales para lograr apuntalar esta industria. Se debe retomar como ha sido el desarrollo de las políticas de inversión en la economía mexicana, principalmente mediante el Estado, para definir el contexto sobre el que se puede impulsar una política de inversión en innovación integral, de acuerdo a las características mencionadas.

4.1.1 El esquema programático de recursos en CyT y los obstáculos a la sinergia entre producción y consumo de productos y servicios tecnológicos

Si se observa las vertientes del gasto que se realiza en CyT, se puede entender las condiciones que se generan de forma programática, y reafirmar algunas de las conclusiones previas: la falta de sinergia y perspectiva de beneficios entre las distintas esferas del ecosistema de innovación y el insuficiente consumo que existe de productos y servicios tecnológicos, abarcando solo el ámbito público.

Gráfica 4.1: GFCyT por actividad (millones de pesos). Precios constantes de 2016



Fuente: Elaboración propia con base en (CONACYT, 2007), (CONACYT, 2008), (CONACYT, 2009), (CONACYT, 2010), (CONACYT, 2011), (CONACYT, 2012), (CONACYT, 2013), (CONACYT, 2014), (CONACYT, 2015), (CONACYT, 2016) y (CONACYT, 2017)

Se toma como referencia el Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT), ya que este indicador representa la totalidad de la inversión gubernamental en las actividades de CyT. Como se observa en la gráfica anterior (4.1), este gasto se divide en 4 partes: Gasto Federal para el Educación en Ciencia y Tecnología (GFEECyT), Gasto Federal en Servicios Científicos y Tecnológicos (GFSCyT), el Gasto Federal en Inversión para Desarrollo Experimental (GIDE) y el Gasto Federal en Innovación (Innovación), este último se empezó a contabilizar en 2008.

Se mantenía una tendencia de crecimiento en inversión de estas actividades de 2007 a 2014 (con excepción del GFSCyT) como resultado de varios programas de apoyos a la investigación (Capítulo 2. Tabla 2.4), pero en 2015 esta tendencia se revirtió (con excepción del GFEECyT).

Algo importante a resaltar es que se refleja una concentración de recursos en dos principales rubros, la educación y la investigación que, según la lógica, refleja mejores condiciones en la oferta de servicios tecnológicos, pero a su vez, en el rubro del GFSCyT se presenta una tendencia a la disminución en la demanda de servicios tecnológicos generada por los diferentes niveles de gobierno y entidades

paraestatales. A su vez, el rubro de innovación (generación de nuevos productos o servicios en el mercado, según su definición), que debería ser el resultado primario de la inversión federal en CyT, no es un factor significativo en este tipo de gasto y, de igual forma, se presenta una reducción en este rubro para los últimos años. Estos dos últimos factores, la disminución en el GFSCyT e Innovación reflejan un deterioro en las condiciones de consumo en CyT, por lo menos mediante la vía gubernamental, y al ser el Estado el principal promotor de la actividad en CyT, en general se presenta un deterioro muy importante en todo el Sistema de Innovación.

Esto reafirma la idea de que en México no se ha logrado articular una estrategia integral de promoción en CyT. Las políticas científicas han desatendido una estrategia que incentive la salida de productos y servicios tecnológicos, la investigación aplicada, y la iniciativa emprendedora que se puede gestar desde los Centros Públicos de Investigación y demás laboratorios nacionales y, por lo tanto, la estrategia implementada para el desarrollo innovador se ha quedado corto en su alcance y diagnóstico.

Ahora bien, como se mencionó inicialmente, es importante detectar como es que se presenta la coordinación entre las distintas entidades gubernamentales, que representan el aparato institucional a cargo del sistema de innovación a nivel federal, ya que esto está ligado a la forma en que se presenta una agenda de estrategias de integración entre la oferta y demanda de CyT. Para esto, se debe analizar la participación de las diferentes secretarías gubernamentales, y su papel dentro del sistema de innovación, mediante la cantidad de inversión que destina para incentivar investigación de acuerdo a su propósito central.

Como se observa en la siguiente gráfica (4.2), la inversión gubernamental en CyT, se concentra principalmente mediante dos agentes, la Secretaría de Educación Pública (SEP) y CONACYT que, en concordancia con la gráfica anterior, se trata del gasto en educación superior y el gasto en investigación. Las demás secretarías mantienen una participación menos significativa, siendo principalmente las Secretarías de Energía (SENER), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Reforestación y Pesca (SAGARPA) y la Secretaría de Salud (SS).

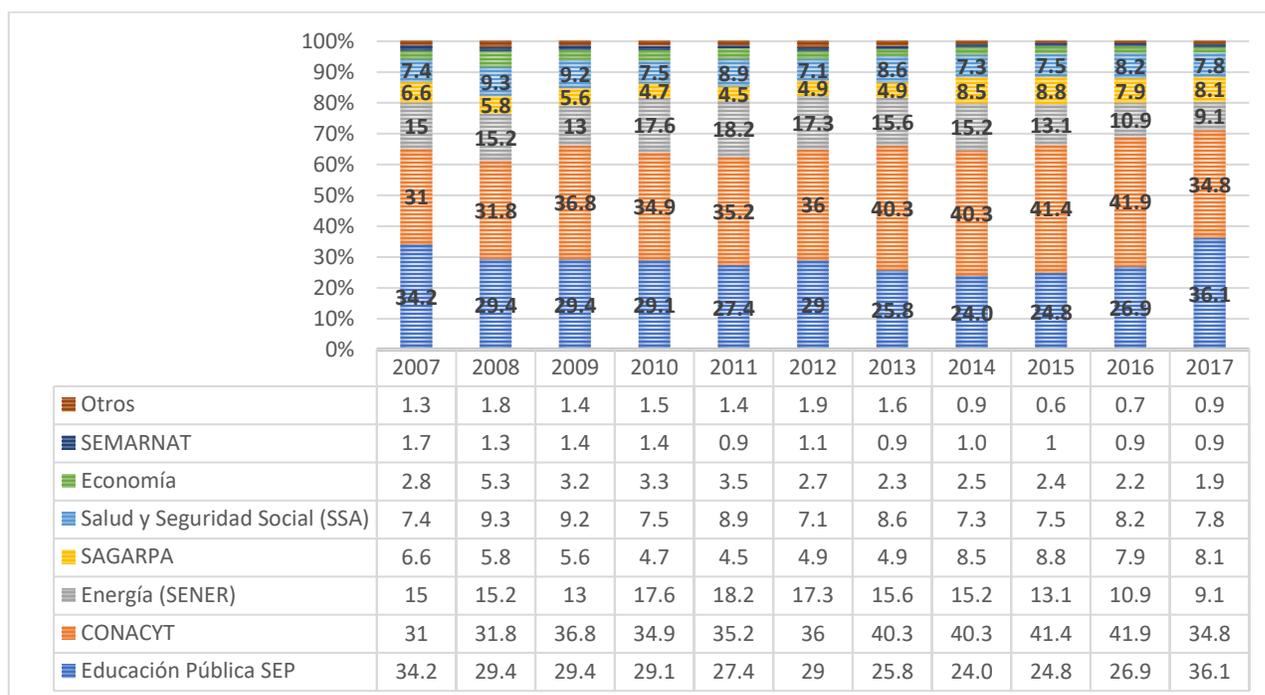
La coordinación multisectorial es un factor fundamental para encaminar una mejor integración, por lo que la participación de todos los niveles de gobierno, con especial importancia de las secretarías de gobierno que se encargan de temas específicos, como las antes mencionadas, debe tener un peso más significativo dentro del sistema de innovación.

Se puede observar que el gasto en CyT tiene tres grandes vertientes ya que, en promedio, durante el periodo analizado, CONACYT ejerce el 36% de los recursos del GFCyT, mientras que mediante la SEP se ejerce otra tercera parte, por lo que la tercera parte restante está a disposición de las demás secretarías de gobierno.

Como se observó anteriormente, la coordinación y administración de los programas y políticas científicas se concentran en CONACYT, por lo que, para la estructura y definición de necesidades entorno a la CyT, este Consejo es el único filtro para el gobierno federal para determinar las problemáticas a abordar, la planeación a implementar y la ejecución y organización a seguir.

Como se presenta en el capítulo 2, CONACYT tiene una misión muy importante: *administrar la inversión en I+D*, esto mediante la asignación de recursos para la creación de infraestructura, capacitación, becas y proyectos de investigación. Mientras que la inversión generada por la SEP en este rubro se ejerce principalmente mediante el gasto que supone las actividades de la educación superior y de otros niveles, y complementar la inversión en investigación en los CPI a su cargo. En ambos casos, esto resulta en un apoyo muy importante a la investigación generada en CPI y en las universidades.

Gráfica 4.2. GFCyT por sector (% del total)



Fuente: Elaboración propia con base en (CONACYT, 2007), (CONACYT, 2008), (CONACYT, 2009), (CONACYT, 2010), (CONACYT, 2011), (CONACYT, 2012), (CONACYT, 2013), (CONACYT, 2014), (CONACYT, 2015), (CONACYT, 2016) y (CONACYT, 2017).

Es importante destacar que durante el segundo sexenio de periodo analizado se añadió otro elemento que no se consideraba en el indicador de gasto en CyT (I+D), que solo comprende entre sus componentes la Investigación y el Desarrollo, y que refleja justamente, la falta de definición en los conceptos sobre los que se basa el sistema de innovación. El indicador ahora se entiende como I+D+i, está última i hace referencia al componente de Innovación, como se observa en la gráfica 4.1.

La falta de este componente en la fórmula con la que se medía el alcance de las políticas científicas en el país, refleja la falta de atención que se le prestó al consumo de los productos y servicios tecnológicos, ya que como se enunciaba en el segundo capítulo, la innovación comprende un proceso de creación y colocación de un nuevo producto y servicio en el mercado, no solo contabilizar actividades de investigación. Con la primera definición, la que contempla solo la I+D, el proceso de innovación estaba incompleto, y las tareas definidas podían no comprender una salida a los productos. *Solo basta con generar actividades de ciencia e investigación.*

Esto refleja esos mecanismos intrínsecos del Sistema de Innovación que se desarrollan desde su lógica. El consumo se deja a expensas de las condiciones de inversión de las empresas, la estructura programática no favorece una mayor inclusión de otros organismos de gobierno para incentivar una mejor planeación e identificación de problemas a atender mediante la producción y consumo de productos y servicios tecnológicos y, por último, no existen las condiciones para lograr esta dinámica entre producción y consumo. Por este motivo, es fundamental repasar que estrategias pueden adaptarse a las condiciones de la economía mexicana para satisfacer esta necesidad del sistema de innovación: *generar consumo de productos y servicios tecnológicos*.

Dentro del abanico de opciones que se presentan como posibilidades de política científica con este fin, las *compras públicas de innovación* son un instrumento muy interesante que se debe incluir en la discusión a la hora de elaborar una estrategia de fortalecimiento a la integración del ecosistema de innovación. En los siguientes párrafos se define de mejor forma en que consiste una política de compras de innovación.

4.1.2 Las compras de innovación

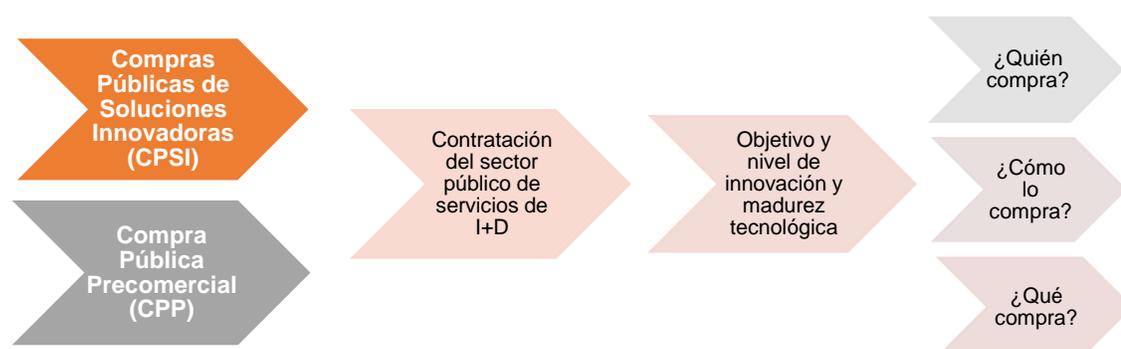
Una compra pública de innovación se entiende como “una herramienta de política pública a través de la cual un comprador público adquiere una solución (bien o servicio) que aún no se encuentra disponible en el mercado, pero que se puede desarrollar en un tiempo considerable” (Moñux & Ospina, 2017).

Este tipo de compras puede variar de acuerdo al objetivo de la política pública y el grado de innovación existente en el sistema de innovación, al igual que el nivel y madurez tecnológica que se tiene presente. Mediante esta herramienta, se puede incentivar diferentes grados de innovación, ya sea: innovación disruptiva, incremental, innovación en productos, servicios, o productos que son introducidos en nuevos mercados o áreas en las que no figuraban, incluso en áreas del sector público (Moñux & Ospina, 2017). Las compras también se clasifican de acuerdo a quién realiza la compra, cómo se hace la compra y qué es lo que compra.

Esta herramienta se presenta como una oportunidad para generar una demanda de servicios y productos tecnológicos, mediante el diagnóstico de necesidades presentes en las diversas áreas o ámbitos en los que tiene inferencia las políticas públicas, y más las políticas públicas sustantivas, por lo que es necesario analizar bajo que contexto se puede impulsar este tipo de políticas.

A su vez, las compras públicas de innovación se dividen en dos tipos, de acuerdo a sus características. La primera para abordar una problemática específica que se puede solucionar con la implementación de una política, estrategia o mediante la adquisición de un bien o servicio innovador, y la segunda, la generación de consumo de bienes o servicios innovadores que satisfacen una necesidad de cualquier nivel de gobierno como se refleja en la siguiente figura (4.1):

Figura 4.1. Modelos de compras de innovación



Fuente: (Moñux & Ospina, 2017)

También, es importante definir los propósitos por los que se realizan las compras de innovación, generalmente son los siguientes: 1) generar innovación para mejorar los servicios del sector público y 2) fomentar la innovación en sectores estratégicos o para cumplir objetivos específicos (Moñux & Ospina, 2017). En el caso del sector farmacéutico, que es el tema de este trabajo, como se observó en el caso de Estados Unidos, las compras públicas de innovación cumplieron ambos objetivos. El sector biotecnológico estadounidense fue impulsado para atender una necesidad

en el sector salud, mediante un nicho reducido de la población con enfermedades poco comunes, en el que las grandes farmacéuticas tradicionales no invertirían dado el reducido mercado. De esta forma, se fomentó una política de salud con una salida de consumo, como se cita a continuación:

“El gobierno de Estados Unidos todavía actúa como inversor en la creación de conocimiento, patrocinador del desarrollo de fármacos, defensor del mercado de fármacos y, por último, pero no por ello menos importante, [...] comprador de los fármacos que las empresas biofarmacéuticas venden. (Mazzucato, 2017, pág. 148)”

Esto último refleja las condiciones que se deben contemplar en una política con enfoque en la innovación: una necesidad, un sector, una meta, objetivos, recursos, marco normativo y, por último, estrategias de integración entre producción y consumo. En el caso del uso de la biotecnología para atender temas de salud, se debe analizar como las políticas fármaco-biológicas se adaptan a las necesidades sociales y de investigación.

4.2 La política de salud y farmacéutica en México

En este punto, es importante describir el escenario donde se espera que las políticas en CyT y el objetivo planteado para estas políticas, especialmente en el sector de biotecnología, puedan desarrollarse. A su vez, como estas se compenentran con los elementos bajo las cuales el esquema productivo alcanza un nivel de ciclo innovativo, describir las características que debe tener la reconversión institucional para un enfoque en CyT, qué modificaciones se presentan en el proceso de trabajo para incentivar la revalorización del capital: los medios de trabajo (dentro de los cuales se encuentra la tecnología), la forma de organización social del trabajo y el conocimiento o estado de la tecnología y técnica dentro del esquema productivo. Se aborda el sector salud mediante la compra de medicamentos.

El Estado se vale de un esquema de actividades que van a ser los ejes de su accionar en el abastecimiento de medicamentos e insumos para la salud, que componen la política farmacéutica. Una política farmacéutica, según la definición de

la Pan American Health Organization (PAHO) comprende lo siguiente (Pan American Health Organization, 2021):

“Un compromiso con un objetivo y una guía para la acción. Expresa y prioriza los objetivos a medio y largo plazo establecidos por el gobierno para el sector farmacéutico, e identifica las principales estrategias para alcanzarlos. Proporciona un marco dentro del cual se pueden coordinar las actividades del sector farmacéutico. Cubre tanto el sector público como el privado, e involucra a todos los actores principales en el campo farmacéutico.”

En este marco es como se establece las principales tareas del Estado para la implementación de estrategias que impulsen el desarrollo del esquema productivo de medicamentos y que abarcan a las necesidades de consumo de la población, de forma que se garantice su acceso a mejores condiciones de salud, que es uno de los principales objetivos y tareas del Estado.

Esta planeación debe abarcar varios puntos, entre los que se encuentran: el desarrollo de medicamentos, la fabricación, la comercialización, la distribución, los precios y reembolsos, la gestión del formulario, la farmacovigilancia, la elegibilidad del paciente, la práctica de prescripción y los servicios profesionales, y la regulación de los medicamentos. Estos cumplen con tres objetivos principales: 1) Acceso. Con disponibilidad equitativa y asequible de los medicamentos esenciales, incluidos los de la medicina tradicional; 2) Calidad. Inocuidad y eficacia de todos los medicamentos; y 3) Uso racional. Promoción del Uso Racional y económicamente eficiente de los medicamentos por parte de los profesionales sanitarios y los consumidores (Secretaría de Salud de la Ciudad de México, 2019).

Como se observa, la política farmacéutica debe estar orientada a satisfacer las necesidades de medicamentos y garantizar el derecho a la salud de los ciudadanos. Estas actividades también deben comprender el desarrollo de medicamentos como parte fundamental del esquema de prácticas para mejorar la salud, ya que el acceso a mejores medicamentos, y por tanto, mejores condiciones para el sistema de salud, dependen directamente de este punto.

Dentro de los objetivos planteados, se identifica como el principal objetivo de intervención del Estado el que se refiere al Uso Racional de los medicamentos, ya que sobre este último es sobre el que se plantean las actividades a seguir para el cumplimiento de los otros dos objetivos. Se describen las actividades del Uso Racional de medicamentos de la siguiente manera (Secretaría de Salud de la Ciudad de México, 2019):

- Selección de Medicamentos: Se genera la Lista de Medicamentos y otros insumos Esenciales. Comprende la relación de insumos que forman parte del Cuadro Básico y Catálogos de Insumos del Sector Salud.
- Reglamentación y garantía: Asegurar la calidad, inocuidad y eficacia de los medicamentos y la exactitud de la información que se ofrece de los productos, asegurando la fabricación, adquisición, importación, exportación, distribución, suministro y venta de medicamentos, la publicidad y promoción de productos, y los ensayos clínicos y su concordancia con la normatividad establecida.
- Uso Racional: Comprende la creación de un organismo nacional multidisciplinario con atribuciones de coordinación del uso de medicamentos, que en este caso se trata de la COFEPRIS. Selección de directrices para la selección de medicamentos y formación de profesionales de la salud, como la formación farmacoterapéutica de los pregraduados (estudiantes) en problemas reales. La formación continua en temas de servicio del personal médico. Garantizar la información independiente y no sesgada de los medicamentos. La educación de la población sobre los medicamentos. Las medidas de prevención para evitar la generación de incentivos financieros a quienes prescriben o dispensan medicamentos.
- Investigación: En temas de acceso, calidad y uso racional de medicamentos, así como en el desarrollo de medicamentos y su investigación clínica.
- Vigilancia y evaluación: Vigilancia del sector farmacéutico mediante encuestas periódicas basadas en indicadores. Realización de evaluaciones independientes que midan el impacto de las políticas en todos los sectores de la comunidad y de la economía.

En este marco, la intervención del Estado se puede definir en tres ejes: regulación, formación e investigación, como se puede observar en la siguiente figura:

Figura 4.2. Ejes de acción del Estado en la política farmacéutica mexicana.



Fuente: Elaboración propia con información de (Secretaría de Salud de la Ciudad de México, 2019)

En tal sentido, es importante destacar que esta planeación está alineada a las condiciones de la visión del Estado en su participación de la economía, ser un regulador y garante de condiciones generales para la actividad de la iniciativa privada, y en el caso de México, la iniciativa de empresas transnacionales extranjeras, ya que como se observa, la mayoría de las actividades se encuentran definidas en este rubro, mientras que dentro de los otros dos ejes se tienen actividades poco específicas, con menor profundidad en la planeación y sin un esquema de adaptación institucional para abordar de mejor forma estos puntos.

Se puede concluir que este esquema de actividades del Estado está más encaminado a una participación más reservada en cuanto a la investigación y desarrollo de recursos humanos, condiciones que no favorecen un desarrollo adecuado de la política farmacéutica, ya que no abordan un fortalecimiento a los

esquemas productivos de la industria nacional y, por tanto, no incentivan la adecuación del proceso de trabajo a un ciclo más amplio y dinámico de innovación. Estas condiciones se han replicado a lo largo del periodo de análisis como se considera a continuación.

4.2.1 Deficiencias en la política de salud y farmacéutica nacional

Como parte importante de este análisis, se debe partir de los objetivos que se plantearon durante las gestiones que comprenden el periodo de estudio, para contextualizar las condiciones sobre las que se implementaron las actividades en materia de salud y farmacéutica. Se retoma los Programas Sectoriales de Salud de 2007 a 2012, y de 2013 a 2018.

Tabla 4.1. Objetivos de los Programas de Salud por sexenio. 2000-2018.	
Programa Sectorial de Salud. 2007-2012	<ul style="list-style-type: none"> -Mejorar las condiciones de salud de la población. -Reducir las brechas o desigualdades en salud mediante intervenciones focalizadas en grupos vulnerables y comunidades marginadas. -Prestar servicios de salud con calidad y seguridad. -Evitar el empobrecimiento de la población por motivos de salud. -Garantizar que la salud contribuya al combate a la pobreza y al desarrollo social del país.
Programa Sectorial de Salud. 2013-2018	<ul style="list-style-type: none"> -Consolidar las acciones de protección, promoción de la salud y prevención de enfermedades. -Asegurar el acceso efectivo a servicios de salud con calidad. -Reducir los riesgos que afectan la salud de la población en cualquier actividad de su vida. -Cerrar las brechas existentes en salud entre diferentes grupos sociales y regiones del país. -Asegurar la generación y el uso efectivo de los recursos en salud. -Avanzar en la construcción del Sistema Nacional de Salud Universal bajo la rectoría de la Secretaría de Salud.
Fuente: (Diario Oficial de la Federación, 2008), (Diario Oficial de la Federación , 2013)	

Estos documentos dan una semblanza de las actividades que se desarrollaron de acuerdo con el esquema de políticas en salud que plantearon en ese entonces. De acuerdo con esto, las actividades se pueden clasificar en dos temáticas: preventivas y operativas. Las primeras, enfocadas a prevenir las causas de las enfermedades

más relevantes en la sociedad y las segundas para dar atención a las necesidades propias del sistema de salud.

Teniendo esto en cuenta, es necesario identificar que las acciones que se pretenden describir de acuerdo al objetivo de este capítulo entran dentro de la segunda categoría, por lo que el análisis de las deficiencias en las políticas de salud está encaminadas a esta temática.

En ambos documentos se retoma dos problemáticas muy importantes para el Sistema de Salud en general, y que repercuten seriamente sobre las condiciones para una política farmacéutica como la que se trata de describir en este capítulo. Estas dos problemáticas son (Diario Oficial de la Federación , 2013):

- 1) “Actualmente, **los arreglos organizacionales vigentes, donde prevalece la participación de instituciones verticalmente integradas, pero separadas entre sí, generan ineficiencias.** La actual segmentación del sistema público de salud implica la duplicación de funciones y no permite el aprovechamiento de economías de escala en procesos comunes, así como la captura de ganancias en eficiencia debido a la competencia o uso de los recursos más baratos y de mayor calidad. La inexistencia de un sistema nacional confiable de información está generando duplicidades del financiamiento público y desaprovecha la planeación estratégica de los recursos para la salud. La falta de coordinación para decidir nuevas inversiones entre las diferentes instituciones impide optimizar el uso de la infraestructura, y los esfuerzos de intercambio de servicios entre las dependencias públicas de salud que se intentaron en los años pasados tuvieron un alcance limitado a ciertas intervenciones y regiones del país.”
- 2) “El eficiente uso de los recursos es una condición necesaria para mejorar la salud de la población en un contexto donde la demanda por servicios de salud con calidad es creciente y el financiamiento público restringido; en particular a través de la planeación interinstitucional de largo plazo, una mejor administración de riesgos, así como solidaridad, compromiso y corresponsabilidad entre las instituciones y los diferentes grupos poblacionales. A futuro, el panorama se observa complicado pues se deberá enfrentar una mayor presión financiera asociada a la mayor prevalencia de enfermedades de alto costo, como las ECNT. [...] el costo de la atención médica de las ECNT relacionadas con la obesidad representó 42 mil millones de pesos en 2008 (13% del gasto público en salud de ese año) y casi se duplicará en 2017 si no se aplican intervenciones preventivas efectivas. **La eficiencia en el uso de los recursos requerirá acompañarse, de haber espacio fiscal, de mayor presupuesto público a la salud.**”

El Sistema Nacional de Salud cuenta con deficiencias muy importantes para la planeación y ejecución de las actividades para asegurar un sistema de salud de calidad. Esta falta de coordinación se refleja en el segundo punto, que es el uso eficiente de los recursos, ya que al no existir una correcta estructura del sistema, el financiamiento del mismo se encarece. El gasto público en Salud en 2012 fue del 3.1% del PIB, porcentaje muy por debajo del promedio de países de la OCDE (4%), y al mismo tiempo, se reporta “una pérdida de eficiencia en el uso de estos recursos” (Diario Oficial de la Federación , 2013).

Estos dos aspectos son muy importantes que incluso quedaron plasmados en uno de los objetivos del último programa sectorial de salud, a saber: “*Avanzar en la construcción del Sistema Nacional de Salud Universal bajo la rectoría de la Secretaría de Salud.*” Es fundamental para esta restructura abordar un enfoque más eficiente, efectivo y económico, en el que la CyT tiene que tener una participación activa, ya que las problemáticas que se abordan requieren de soluciones innovadoras.

Como se menciona en el segundo punto, la planeación para mejorar la estructura del financiamiento para el sector debe considerarse a largo plazo, ya que las condiciones y partidas financieras del Estado están muy acotadas a la disponibilidad de recursos que tiene este y que está íntimamente relacionado con los canales de captación tributaria y de venta de activos, canales que son muy sensibles a los cambios, por lo que se debe plantear un esquema de restructuración con un enfoque progresivo y adaptativo a las condiciones de financiamiento y de demanda de calidad en los servicios de salud.

Otro de los puntos fundamentales que también se tocan en estos aspectos está la falta de sistematización de generación y captación de flujos de información entre las diversidades entidades involucradas al Sistema de Salud. Esto, como se indica, provoca que se generen duplicidades de financiamiento, obstáculos para la planeación estratégica de inversiones y operativos del sistema, por lo que también es uno de los grandes retos que se debe tener en consideración, ya que el acceso y la calidad de la información contribuyen a la mejora del desempeño institucional.

Si bien, en ambos programas institucionales se abordó la importancia de la investigación en Salud, e incluso quedó plasmado en los ejes estratégicos, no se profundiza sobre la vinculación y los mecanismos de coordinación que se deben implementar para lograr este cometido, como se refleja en la siguiente tabla (4.2).

Tabla 4.2. Estrategias enfocadas a la Investigación e innovación para el Sistema de Salud.

<p>Programa Sectorial de Salud. 2013-2018</p>	<p>Estrategia 5.4. Impulsar la innovación e investigación científica y tecnológica para el mejoramiento de la salud de la población</p> <p>Líneas de acción:</p> <p>5.4.1. Incrementar la inversión pública en investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico en salud.</p> <p>5.4.2. Priorizar la investigación sobre temas relevantes, estratégicos o emergentes en salud.</p> <p>5.4.3. Articular esfuerzos en el Sistema Nacional de Salud para promover nuevos descubrimientos que favorezcan una atención más efectiva</p> <p>5.4.4. Promover la inversión y corresponsabilidad del sector privado para la investigación científica y desarrollo tecnológico en salud.</p> <p>5.4.5. Promover financiamiento y cooperación internacionales para investigación científica y desarrollo tecnológico en el país.</p> <p>5.4.6. Fortalecer la infraestructura de los centros de investigación en salud, en el ámbito regional y local.</p> <p>5.4.7. Gestionar convenios para compartir infraestructura entre instituciones e investigadores, con el fin de aprovechar la capacidad disponible.</p> <p>5.4.8. Promover la vinculación de las instituciones y centros de investigación con los sectores público, social y privado.</p> <p>5.4.9. Fomentar que la investigación atienda a criterios éticos, de pertinencia e integridad científica y protección de los derechos humanos.</p> <p>Estrategia 5.5. Fomentar un gasto eficiente en medicamentos e insumos</p> <p>Líneas de acción:</p> <p>5.5.1. Impulsar la liberación de genéricos para disminuir el gasto en salud.</p> <p>5.5.2. Impulsar la compra consolidada de medicamentos e insumos entre las instituciones del sector público.</p> <p>5.5.3. Fomentar la compra coordinada de medicamentos e insumos entre la federación y las entidades federativas.</p> <p>5.5.4. Consolidar el proceso de negociación de precios de medicamentos e insumos con patente vigente y de fuente única.</p> <p>5.5.5. Vigilar la eficiencia en el gasto asignado a la compra de medicamentos e insumos para la salud.</p> <p>5.5.6. Aplicar esquemas novedosos de compra y abasto de medicamentos para asegurar su surtimiento</p>
<p>Programa Sectorial de Salud. 2007-2012</p>	<p>ESTRATEGIA 9. Fortalecer la investigación y la enseñanza en salud para el desarrollo del conocimiento y los recursos humanos</p> <p>Líneas de acción</p> <p>9.1 Definir la agenda de investigación y desarrollo con base en criterios de priorización en salud.</p>

Tabla 4.2. Estrategias enfocadas a la Investigación e innovación para el Sistema de Salud.

	<p>9.2 Reorientar la innovación tecnológica y la investigación para la salud hacia los padecimientos emergentes, las enfermedades no transmisibles y las lesiones.</p> <p>9.3 Impulsar la formación de recursos humanos especializados de acuerdo a las proyecciones demográficas y epidemiológicas.</p> <p>9.4 Incentivar el desarrollo y distribución nacional del capital humano especializado con base en las necesidades regionales de atención a la salud.</p> <p>9.5 Desarrollar competencias gerenciales en el personal directivo que fortalezcan la toma de decisiones en salud.</p>
<p>Fuente: (Diario Oficial de la Federación , 2013) (Diario Oficial de la Federación, 2008)</p>	

Como se observa, se describe de forma genérica actividades de investigación, de apoyo, y de fortalecimiento a la CyT, pero no se describe de forma explícita a los agentes o entidades que van a ejecutarlas, el periodo en que se deben ejecutar, los objetivos y las metas o resultados que se pretenden con estas actividades. De esta forma, no se aborda de forma seria una mayor participación de la CyT en este sector y por lo tanto no hay un avance para estas actividades. Incluso, no se presentan indicadores para estas líneas de acción.

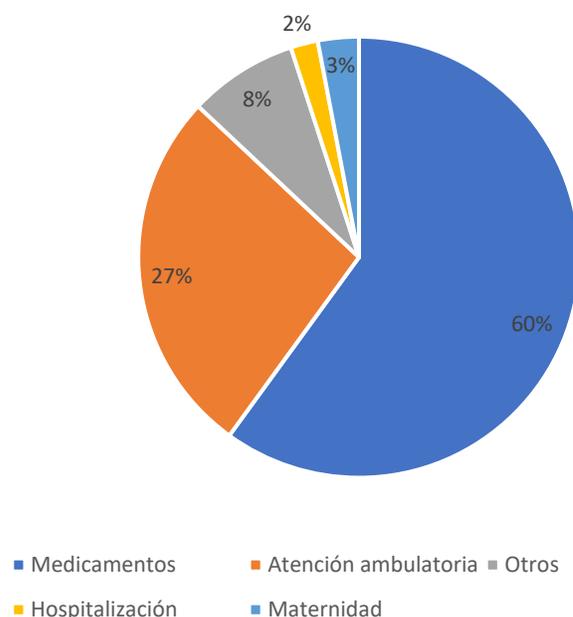
Algo importante a destacar es que en el último programa se aborda por primera vez de forma explícita temas entorno a la compra de medicamentos como parte de las políticas de salud, y algunas actividades para incentivar un programa de política farmacéutica más efectiva, aunque de igual forma no se profundizo en la definición de las actividades.

Dadas estas condiciones, se puede observar que el acceso a los productos y servicios de salud pública presentan ineficiencias y faltas operativas importantes, puntos que se ven reflejados en el gasto que realizan las familias en salud, donde el principal rubro al que destinan ese gasto comprende a la compra de medicamentos y consultas médicas ambulatorias (Diario Oficial de la Federación , 2013), como se observa en la siguiente gráfica (4.3).

Se destaca que existe una problemática entorno al “abastecimiento de los medicamentos en los centros públicos de salud y el uso racional de los mismos” (Diario Oficial de la Federación , 2013) puntos que entran dentro de la gestión de la

política farmacéutica, según se describió en puntos anteriores, lo que también denota la ineficiencia de la misma y que dan cuenta de la importancia de abordar las necesidades del Sistema de Salud desde un enfoque que priorice la calidad y la economía del mismo.

Gráfica 4.3. Gasto de bolsillo por rubro de gasto de salud, México 2012.



Fuente: Retomado de (*Diario Oficial de la Federación*, 2013), gráfica 10.

El esquema actual del Sistema Nacional de Salud mantiene procesos que son ineficientes y afectan la capacidad operativa y financiera de los entes relacionados a este. No hay una vinculación directa de las actividades de investigación y desarrollo en temas de salud con la planeación y ejecución de políticas en salud. No hay una política farmacéutica eficiente en cuanto a las necesidades de abasto y uso de medicamentos. La calidad de los servicios por lo tanto es deficiente y costosa, por lo que se requiere de una reestructuración profunda de este sistema.

Con este contexto, es pertinente abordar que consideraciones se deben retomar para lograr que esta reconversión cumpla con objetivos mejor definidos y más apegados a las necesidades de la sociedad y que aborden los problemas del actual

sistema de raíz para que estos no se reproduzcan de nuevo y se avance hacia un sistema de salud más eficiente.

4.3. Un Estado que retome el liderazgo hacía una mejor política de salud y farmacéutica

Como se analizó en el capítulo anterior, la industria de la biotecnología es una de las industrias que más ha crecido en los últimos años, tiene una mayor relevancia dentro del mercado farmacéutico y las líneas de investigación que surgen dentro de esta temática son cada vez más significativas y de mayor impacto. De la misma forma, se observó que era una de las industrias que mayor inversión inicial necesita, al igual que una correcta estrategia, planeación y liderazgo.

En el caso de Estados Unidos, la biotecnología surgió como una solución a una necesidad que identificó el Estado y que la iniciativa privada no estaba considerando, una lista de enfermedades no comunes que estaban siendo desatendidas por las industrias farmacéuticas, y con base en esta premisa, se planteó una estrategia a mediano plazo que diera solución a esta problemática.

En el caso de la situación en materia de salud en el caso mexicano, que con una población que rebasa los cien millones de habitantes, se presentan condiciones similares en cuanto a la situación de personas con enfermedades no comunes o pequeños nichos de personas que no tienen acceso a los tratamientos para sus enfermedades, ya sea por el costo de los mismos o la inaccesibilidad a estos tratamientos. Estas situaciones, como parte de los objetivos de la política en salud, deben ser atendidos por el Estado.

Ahora bien, el punto inicial debe ser el planteamiento de una política en materia de salud correctamente estructurada, lo que conlleva también a la definición de una política nacional farmacéutica que contemple la situación que se está describiendo.

Según Eduardo (González Pier, 2008), ex titular de la Unidad de Análisis Económico de la Secretaría de Salud, en México no se cuenta con una política nacional farmacéutica, que si bien, como se analizó en párrafos anteriores, existen iniciativas de políticas o actividades acorde a una política farmacéutica a niveles estatales, no

existe una política a nivel nacional que sirva de base para la planeación y alcance de las políticas estatales, lo que desencadena en los problemas que se comentaron: la duplicidad de funciones y financiamiento, y la ineficiencia misma del sistema.

En este caso, es importante abordar de forma seria el planteamiento de una política nacional farmacéutica, que involucre las condiciones de innovación en biotecnología y las estrategias de incentivos que se pueden generar desde la esfera pública, en este caso, las compras de innovación.

Como se mencionó en el primer capítulo, existe en la actualidad una reestructuración del modo de entender la economía, se presenta precisamente por el cambio que ha surgido a nivel global de las condiciones de producción, las nuevas industrias basadas cada vez más en la investigación, en la diferenciación con respecto a la competencia, en la velocidad en la que se puede presentar estas innovaciones y el impacto de las mismas.

Para esto, se debe contemplar que el proceso de trabajo también se ha modificado y con esto el proceso productivo. La revalorización del capital demanda cada vez en mayor medida la integración de diferentes esferas fuera de la planta productiva. El factor capital es cada vez menos relevante y el factor del trabajo creativo o humano, que se entiende como el factor variable, tiene un peso más importante, ya que el valor de cambio de los productos en la actualidad se define entorno al diseño e innovación de los mismos, cosa que dentro de la industria de la biotecnología también ocurre.

La situación actual del sistema de salud mexicano, se ve directamente influida por el cambio que se presenta en el esquema del proceso productivo y del trabajo, ya que, desde la apertura comercial con el TLCAN, la regularización de propiedad intelectual, la desregulación de precios al mayoreo, y la protección de los medicamentos con patente ante los genéricos, han presionado fuertemente el acceso a medicamentos, situaciones que afectaron en gran medida a las empresas farmacéuticas nacionales, que antes de la firma de este tratado, se concentraban en su mayoría en la producción de medicamentos genéricos (González Pier, 2008). Esto se ve agravado por la estrategia de precios que introducen las empresas

transnacionales, que controlan el mercado global dado los acuerdos de protección intelectual armonizados, justificando los precios por los costes hundidos que tienen. En México, los precios de los medicamentos se elevan de forma importante, ya que tiene un mercado paralelo con Estados Unidos, y no se tiene un mercado segmentado, la mayoría de las compras de medicamentos se hace vía bolsillo de las personas (80%), y en menor medida por el Estado (20%). Si esta proporción se invirtiera, se generaría un gran ahorro en la compra de medicamentos (González Pier, 2008).

El mercado actual farmacéutico se entiende por la reconfiguración del esquema productivo, ya que se ha observado una tendencia importante de aumento en el costo de investigación durante los últimos años en la industria farmacéutica, y al mismo tiempo, salen al mercado cada vez menos productos innovadores, o con una carga innovativa importante (González Pier, 2008).

Otro aspecto que también define en gran medida el precio de los medicamentos, es el acceso de información que existe en la actualidad, y el riesgo que conlleva la copia o salida al mercado de un sustituto de un medicamento con patente. Los compradores tienen mayor acceso a la información de más productos, y ante la presencia de productos genéricos o sustitutos terapéuticos, el precio del medicamento “innovador” cae. Esta situación, que se entendería como un inductor de innovación, el proceso de diferenciación de los productores, como se expone en el capítulo uno, pero en este caso, la innovación se presenta en mayor medida de manera marginal, ya que las empresas se ven en la necesidad de arrojar medicamentos con pequeñas variaciones en su fórmula (me too drugs), lo que no resulta en una verdadera innovación y solo se pretende inflar los precios de dicho medicamento con la patente (González Pier, 2008).

De esta manera es como se presenta la situación de compra de medicamentos en México por parte del Estado, los precios al mayoreo son muy altos, y se favorece la compra de medicamentos con patente que no siempre son medicamentos verdaderamente innovadores.

Se destaca que los medicamentos biotecnológicos son los productos que mayor carga innovativa presentan, ya que es difícil que de estos se generen pequeñas variaciones que afecten su composición y se puedan patentar, por lo que una política farmacéutica que premie la innovación debe contemplar esta rama.

Retomando la planeación de la política farmacéutica, en el análisis que realiza (J. Wirtz, Dreser, & Heredia-Pi, 2013), se plantean 3 pasos a seguir para la planeación de una política nacional farmacéutica.

Tabla 4.3. Pasos para la consolidación de una política farmacéutica nacional en México. Descripción de las acciones específicas con base en las recomendaciones de la OMS.

Paso	Descripción
I. Formulación de la política a. Organizar el proceso de formulación de la política. b. Identificar problemas prioritarios y hacer un detallado análisis situacional por los expertos. c. Establecer metas, objetivos y estrategias por los expertos. d. Formular y revisar el documento por los expertos. e. Promover el respaldo por parte de actores claves y hacer un lanzamiento oficial del documento.	-Asignación de liderazgo y responsabilidad dentro de la SS. -Convocar a expertos y representantes de cada grupo de interés, e identificar fuentes de financiamiento para el proceso del desarrollo. -Identificación de los problemas prioritarios en el país. -Desarrollo de un análisis situacional más detallado de los problemas en el sector farmacéutico. -Generar una línea basal e indicadores útiles para los futuros sistemas de monitoreo y evaluación. -Definición de las metas y objetivos relacionados con los problemas prioritarios identificados. -Identificación de posibles estrategias para alcanzar los objetivos. -Discusión con todos los representantes de grupos de interés involucrados. -Redacción del primer borrador del documento detallando objetivos específicos y las estrategias relacionadas. -Circulación amplia para recibir comentarios de todos los grupos de intereses. -Redacción de la versión final. -Circulación del documento al legislativo para asegurar su respaldo y facilitar los cambios en las

	<p>leyes y regulaciones de medicamentos que deriven de la política.</p> <p>-Lanzamiento oficial de la PNF. Promoción mediante una campaña de información amplia y clara utilizando varios medios de comunicación (el apoyo público de líderes de opinión es muy útil).</p>
II. Plan de instrumentación	<p>-Plan maestro para instrumentar la PNF que abarca entre 3 y 5 años.</p> <p>-Definición de prioridades para implementar las estrategias.</p> <p>-Identificación de las actividades específicas, responsabilidades y metas anuales, así como el sistema de monitoreo y el financiamiento.</p> <p>-Creación de una dirección específica, dentro de la SS, para coordinar las diferentes actividades de la PNF.</p> <p>-Conformación de un grupo consultivo multidisciplinario para vigilar y apoyar el proceso de instrumentación, o bien varios subgrupos de acuerdo con cada eje de la política definido y acordado entre los diferentes grupos de interés.</p>
III. Monitoreo y evaluación	<p>-Reportes de rutina, reportes centinela o ambos.</p> <p>-Indicadores internacionalmente recomendados (de estructura, procesos y resultados) para monitorear los avances en la instrumentación en cada eje de la política.</p> <p>-Ajustes en el proceso de instrumentación, si son necesarios.</p> <p>-Evaluación integral de la PNF periódicamente (4-5 años) en cuanto a las metas y objetivos planteados.</p> <p>-Consultores independientes o de organismos internacionales para apoyar el equipo nacional de evaluación.</p>
Fuente: Retomado de (J. Wirtz, Dreser, & Heredia-Pi, 2013), Cuadro I.	

Como se ha comentado, la definición de estrategias claras y el liderazgo entorno a estas estrategias son puntos clave para llevar a cabo una política, en este caso farmacéutica. En este ejercicio que se plantea, se retoma la necesidad de la colaboración de los distintos actores que se ven involucrados en las tareas en

materia de salud en el país, ya que la planeación depende en gran medida de la definición de prioridades y metas reales, con sus periodos de ejecución, para la creación de una política significativa.

Existen además otros puntos igual de relevantes dentro de este ejercicio que son necesarios abordar de forma directa, y es lo que corresponde a la adecuación legislativa y de regulación o desregulación necesaria para facilitar las acciones y estrategias que de esta política se deriven. La protección intelectual debe ser una ayuda a los productores, pero no un freno para el desarrollo científico del país, situación que en el mercado farmacéutico se presenta de forma constante.

Otro punto se presenta en la facilitación de medios de financiamiento a la compra de medicamentos, que como se comentó anteriormente, debe ser mejor atendida con una estrategia mejor planteada encaminada a mejorar los precios del mercado, para que el volumen de las compras se haga vía pública. A su vez que se debe plantear un ejercicio de segmentación de mercado, y de precios, donde los medicamentos verdaderamente innovadores sean premiados justificando un mejor precio a los que solo tienen una carga de innovación marginal.

Las empresas nacionales deben tener un papel prioritario en este esquema, apoyados de los Centros Públicos de Investigación, y un esquema de compras de innovación que también siga la lógica de premiar la verdadera innovación, para poder consolidar sus ciclos de producción y de creación innovadora.

En todo esto, el Estado debe ser consiente de la situación de transición tecnológica que se presenta desde hace dos décadas, y las condiciones que de ella derivan para impulsar un cambio en los procesos productivos en el país. La generación de procesos innovativos dependerá en gran medida de la conformación de un esquema institucional robusto y eficiente que apoye dichos procesos y que sostenga los cambios en el esquema económico completo que se derivan de ellos.

En este proceso actual de reconfiguración de las cadenas globales de producción derivada de la revolución industrial 4.0, el proceso de revalorización del capital también ha presentado un cambio muy importante, y es la incorporación del trabajo

creativo como parte fundamental, hablando de la cada vez mayor frecuencia y peso que tiene esta en los procesos productivos. Es tarea del Estado, como la institución que regula la reproducción de la sociedad, el encaminar a esta hacia esta nueva forma de entender su propia reproducción, el paradigma tecnoeconómico que se está presentando, y de entender las consecuencias de no afrontarlo de forma seria.

4.4. El papel de la biotecnología en el sector salud en México

Como se observa, el camino para la consolidación de una industria nacional en biotecnología médica aún tiene un largo recorrido por hacer, con diversas aristas a considerar. Se recalca aquí la necesidad de la integración en la planeación de las políticas sustantivas, como en este caso, una política de salud y farmacéutica nacional, con una política en CyT, para encaminar una sinergia importante en estos campos.

El mercado farmacéutico en México tiene un potencial muy importante ya que, dada su densidad poblacional y el acceso al mercado de Estados Unidos, que como se observó en el capítulo pasado, es el principal socio comercial en productos farmacéuticos del país, se presentan condiciones favorables para la producción y comercialización de medicamentos y compuestos biotecnológicos en el país.

Ahora bien, es importante mencionar que la conformación de estas estrategias y políticas que se vienen comentando deben tener en consideración las complejidades que se han generado en el entorno del sistema de innovación, que afectan directamente sobre el desempeño de la esfera académica y de investigación, que obstaculiza la realización de las investigaciones y la salida de los resultados, particularmente mediante las desventajas que se derivan de las regulaciones de propiedad intelectual, la ventaja competitiva que mantienen las empresas transnacionales con respecto a las nacionales, en términos de acceso al financiamiento y participación de mercado, que es favorable en gran medida a las empresas extranjeras, y el diseño de los programas o fondos de apoyo para CyT, para que la asignación de los recursos cumpla con el objetivo de apoyar a las empresas nacionales, y no solo sirva para financiar al capital, en este caso, transnacional en mayor medida.

La industria nacional en biotecnología médica, si bien, es aún muy pequeña en comparación con industrias consolidadas, como la estadounidense y de algunos países europeos, cuenta con las condiciones necesarias para que pueda incrementar su participación, de primera mano, dentro del mercado nacional, ya que se cuenta con la infraestructura para investigación, tanto pública y privada nacional, el personal técnicamente capacitado y algunas empresas nacionales que ya se han establecido con procesos de investigación e innovación, como se comentó en el capítulo anterior. El eslabón que falta sumar a esta sinergia es el Estado y lo que este puede aportar con el liderazgo y la definición concreta de estrategias integrales en materia de políticas de salud, junto con una política de CyT que se complementen entre sí, y que consideren un periodo de tiempo a mediano plazo para su ejecución y consolidación.

Como se ha venido comentando, uno de los principales obstáculos para esta reconfiguración es la capacidad financiera del Estado, que derivado de una estructura de recaudación tributaria limitada y sensible a los cambios de las condiciones externas como por ejemplo, el precio del petróleo, que afectan una de las vías más importantes de financiamiento del Estado, da poco margen de maniobra para ajustar los objetivos de gasto de acuerdo a una política que incentive la creación tecnológica, que además de contemplar una inversión considerable, también se debe tener en cuenta el no retorno de esa inversión de forma monetaria, además de sostener este tipo de inversión a largo plazo. Pero son precisamente estas condiciones que se mencionaron de último por lo que el Estado debe intervenir para liderar una política en CyT, ya que es el único agente que no tiene aversión al riesgo y que puede actuar en la premisa de un horizonte temporal a largo plazo, que dentro del discurso que se ha venido desarrollando, se transite de una situación de incertidumbre, a una situación de riesgo. El “hacer que ocurra”, en términos de Mazzucato (2017).

Figura 4.3. Elementos y grandes retos para la consolidación de una industria en biotecnología médica en México.



Fuente: Elaboración propia

En la actualidad, el Sistema de Salud mexicano se presenta como un modelo muy desgastado, donde el esquema de precios de los medicamentos, al igual que el monopolio en el suministro de los mismos, ha afectado en gran medida el acceso a gran parte de la población de una salud digna, tema que debe ser de vital importancia para el Estado mexicano, por lo que la necesidad de una política de salud ya no se presenta como una opción, sino, como una necesidad. Para esto, las condiciones del mercado farmacéutico presentan mejores condiciones para las empresas que desarrollan productos biotecnológicos, que a pesar de que tienen procesos de investigación mas largos y costosos, son también los que más han crecido en volumen de ventas, ingresos, innovación e impacto. Desde 2011, el volumen de ventas y el valor de estas, es el triple en medicamentos biotecnológicos que en los demás medicamentos (Fundación Mexicana para la Salud, A.C., 2013).

El papel de la industria biotecnológica para la economía mexicana será fundamental para asegurar la calidad de los servicios de salud en el país. Para esto, se puede definir el desarrollo de esta industria como una prioridad en tema de soberanía

nacional, ya que garantizar el acceso de salud a toda la población dependerá de la disposición de empresas nacionales eficientes e innovadoras, para dejar de depender de las empresas trasnacionales.

Existen grandes retos para lograrlo, como se han comentado, pero también son grandes los beneficios que se esperan de lograr consolidar un programa o política que tiene un impacto inmediato en la sociedad.

4.5 Conclusiones

La estructura de inversión en CyT en México muestran una clara falta de integración de políticas y estrategias que apuntalen el desarrollo de productos tecnológicos, se favorece la oferta de servicios e investigación tecnológica, pero no la demanda de los mismos, tanto en la esfera pública como en la privada. Esto impide cumplir con el objetivo de generar productos innovadores para el mercado y las empresas mexicanas.

Las secretarías, que abordan problemáticas particulares, no tienen una relevancia importante para la definición de programas de inversión que aborden temas específicos, en este caso, la Secretaría de Salud tiene una participación marginal en la inversión para el desarrollo de biotecnología médica. El principal filtro para la definición de programas de inversión es CONACYT, que actúa más como un administrador de recursos, en lugar de cumplir con un papel de planeador.

Una de las alternativas para incentivar el desarrollo de canales de salida para los productos tecnológicos generados en los CPI son las compras de innovación, en donde el Estado, de acuerdo a una necesidad identificada, genera una sinergia de investigación y desarrollo, y la comercialización de los productos que se deriven de esta investigación.

Para poder cumplir con el objetivo de incentivar la industria de la biotecnología médica, se deben observar las condiciones que se presentan en las políticas sustantivas que están directamente ligadas a esta industria. En este caso, la política en salud, tiene deficiencias muy importantes en cuanto a su planeación, financiamiento y responsabilidades. No existe una política nacional farmacéutica, lo

que afecta directamente al acceso de medicamentos, y encarece los precios de adquisición para el Estado.

El modelo actual del sistema de salud está muy desgastado, por lo que es necesaria una reconfiguración del mismo, en la cual el Estado tome el liderazgo para ejecutar una política integral en salud, farmacéutica y ciencia y tecnología, con la biotecnología médica como principal campo de desarrollo.

5. Conclusiones Generales

La economía mexicana presenta retos importantes a futuro, ya que se presentan problemas estructurales importantes en la actualidad, como la caída de la productividad en diversas actividades e industrias, la falta de definición de tareas y objetivos por las instituciones encargadas de manejar las políticas de incentivos económicos y productivos, y el coste social que conlleva la deficiencia en esta planeación. Con todo esto, es importante destacar la relevancia que toma la Ciencia y la Tecnología para abordar estos temas.

En la actualidad los avances en ciertos campos tecnológicos han abierto posibilidades en actividades productivas relativamente nuevas, que cambian el panorama del acontecer de reproducción económica y social, ya que estos nuevos campos se presentan precisamente como respuesta a problemáticas sociales significativas y que reconfiguran el escenario de la práctica económica de los países, o como se ha comentado, se presenta un paradigma tecnoeconómico entorno a las nuevas industrias innovadoras.

Esta reconfiguración del mapa de empresas y nuevas tecnologías recibe el nombre de Revolución 4.0, impulsada por las Industrias 4.0, dentro de las cuales la industria biotecnológica tiene un papel relevante en campos como la agricultura, el medio ambiente, la industria de transformación y la salud. Este último fue el campo que se abordó en este estudio.

Para entender el proceso de adaptación de las economías frente a estas nuevas industrias, el materialismo histórico presenta conceptos que se ajustan a este cambio, principalmente mediante tres aristas: los cambios en el *proceso de trabajo*, *las adaptaciones de los procesos productivos* y *los ciclos de revalorización del capital*. Con base en estos conceptos, se puede entender como las empresas se adaptan a las condiciones productivas que se presentan para adaptarse a las nuevas tendencias de innovación.

En primer lugar, el proceso de trabajo sufre un cambio muy importante en esta revolución tecnológica, ya que se incorpora el conocimiento técnico y tecnológico como un elemento primordial de estas nuevas industrias, donde los procesos de

investigación y desarrollo, que se pueden considerar como procesos creativos, complementan junto con el proceso de manufactura y comercialización, el ciclo de reproducción de capital, lo cual representa una expansión de este ciclo a esferas que antes no se consideraban dentro de las actividades que generaban valor al producto.

Junto con esto, las relaciones sociales de producción también se ven afectadas, ya que las necesidades de estas industrias no solo involucran el trato de los dueños del capital con sus similares y con la fuerza de trabajo, ahora se involucra en mayor medida como otro agente importante en esta relación al Estado, ya que dependiendo de la eficiencia de las instituciones y la planeación que se desarrolla para atender esta relación entorno a la Ciencia y la Tecnología, dependerá la velocidad de adaptación de las empresas innovadoras a la economía y su trascendencia en la misma. En esta relación se refuerza la cooperación del Estado como facilitador en la reproducción del capital.

El proceso productivo, como se analizó, también se adapta a las condiciones que se presentan en estas nuevas industrias, donde los ciclos suelen ser más largos con respecto a las industrias tradicionales, derivado de la incorporación de los procesos de investigación y desarrollo al ciclo productivo, con esto, también se hace necesario contar con una capacidad de infraestructura y fuerza de trabajo altamente capacitada para sostener los ciclos productivos con el elemento de innovación, o como se determinó en este trabajo, los ciclos de innovación.

Con respecto a los ciclos de revalorización del capital, en este proceso se hace más evidente la intervención del Estado para apuntalar las empresas innovadoras, ya que inicialmente, debido a la naturaleza de la investigación e innovación, que puede tener buenos resultados o no, se necesita de una iniciativa de inversión que cumpla dos condiciones: *un horizonte temporal de largo plazo y la nula aversión al riesgo*, condiciones que no pueden asimilar los agentes de iniciativa privada y, dada esta razón, debe ser abordada por el Estado con un enfoque estratégico y pragmático, como elemento necesario para impulsar a las nuevas empresas innovadoras y lograr su consolidación, el *hacer que ocurra*, en términos de Mazzucato.

Con todo esto, se han generado diversos discursos, con distintas perspectivas que abordan los elementos para el cambio tecnológico. En este estudio fue importante abordar el discurso crítico a la teoría liberal sobre el cambio tecnológico, ya que de acuerdo con los elementos descritos, el papel del Estado no puede ser supeditado en los procesos descritos, mas bien, debe ser analizado como un agente necesario y primordial para *impulsar el desarrollo de las innovaciones y la tecnología* y con esto se puede entender de mejor manera las relaciones que surgen derivado de la cooperación que se debe impulsar con respecto a este objetivo.

Con esto en mente, se analizó como en la política científica en México, la perspectiva y práctica derivada de la teoría liberal ha frenado el desarrollo de políticas y planes estratégicos eficientes entorno a la promoción de la Ciencia y Tecnología. La conformación del Sistema de Innovación mexicano no tiene la solidez necesaria para cumplir un rol protagónico en la vida económica del país y derivado de esto, no se ha logrado consolidar un plan a largo plazo que impuse las actividades científicas.

Es importante destacar que el esquema productivo en México no favorece el desarrollo de empresas innovadoras, ya que la mayoría de las industrias se concentran en las actividades manufactureras y de comercio internacional, donde se establecen como empresas cautivas de las cadenas globales de valor en las que participan en los procesos que no tienen una carga de innovación significativa, por lo que los procesos de desarrollo e investigación no son áreas de interés para las empresas nacionales, que se concentran en los procesos de manufactura, que de acuerdo a las condiciones de capital de este tipo de empresas, son muy distintas, o incluso contrarias, a las empresas innovadoras, ya que no necesitan de infraestructura de alta tecnología y tampoco de fuerza de trabajo altamente especializada. Esto refleja la pérdida de productividad del conjunto de la economía mexicana.

Con esto, el Estado debe ser el principal promotor de las actividades de investigación, pero como se analizó en el periodo de estudio, ha distado de tener

este protagonismo y se ha limitado a cumplir con ciertas actividades de promoción de conformidad con la visión y práctica de libertad de mercado en la economía.

Los esfuerzos impulsados en cuanto a políticas científicas en el país se tratan más bien de la imitación de prácticas de otros países o recomendaciones de organismos internacionales que, bajo la condición de la poca participación de las empresas en la inversión en investigación y desarrollo, suman un esquema de Sistema de Innovación desarticulado, ya que no atienden las necesidades de la sociedad y no tienen sustento en políticas sustantivas del Estado. Se presenta un proceso de aglomeración de ciertas actividades en la entidad coordinadora del sistema, que se trata de CONACYT, que actúa en mayor medida como un administrador de recursos, y no hay claridad en los objetivos para el sistema ni para los agentes involucrados en el mismo.

Lo anterior deriva en algunas de las principales problemáticas que se presentan en el Sistema, y es la falta de vinculación entre las actividades de cada agente, la falta de salida de los productos tecnológicos derivados de la investigación pública, la apropiación privada de los recursos públicos, o lo que es lo mismo, la financiación al capital por políticas científicas encausadas deficientemente y el poco apoyo que se ofrece a pequeñas empresas innovadoras.

El Sistema de Innovación mexicano, que se conformó en 2001, debe replantearse su papel en la economía desde una perspectiva distinta, considerando todos los factores que se han mencionado, pero antes que eso, el mismo Estado, como el grupo de instituciones que dirigen la reproducción social del país, también debe reconsiderar su accionar y dar mayor solidez a un proyecto que permita establecer las condiciones necesarias para el desarrollo de la ciencia en el país, no como una actividad apartada de los estratos económicos y sociales, sino, como una actividad necesaria y significativa para abordar problemas que son importantes para el Estado.

Para entender como se presenta la participación del Estado como una agente catalizador para el impulso de las empresas innovadoras, fue muy importante el análisis que se hizo sobre el caso de la industria biotecnológica en Estados Unidos,

ya que es un reflejo claro, a pesar de que el discurso del mainstream de la teoría económica indica lo contrario, del éxito en la planeación de políticas científicas y el liderazgo del Estado para conducir las.

En el caso de la industria biotecnológica estadounidense, el Estado actuó con liderazgo incentivando la investigación pública en ciencia básica y aplicada, a la vez que se desarrollaba un esquema de incentivos para atender una demanda social que no era atendida por la iniciativa privada, en este caso, el abastecimiento de medicamentos huérfanos o medicamentos para enfermedades poco comunes o que afectaban a pocas personas. De igual forma, se establecieron programas de apoyo a pequeñas empresas para que pudieran generar sus investigaciones y productos comerciables y lograran una entrada al mercado. Con todo esto, se robustecieron los procesos innovativos debido a una planificación que cumple con las dos condiciones mencionadas, el horizonte de tiempo y la nula aversión al riesgo en esta inversión.

En el desarrollo de la industria biotecnológica estadounidense se puede observar cómo el proceso de trabajo presenta los cambios que se analizaron, ya que la industria farmacéutica tradicional adoptó las tecnologías derivadas de la investigación en biotecnología, algunas veces absorbiendo a las pequeñas empresas o cooperando con ellas, de esta forma, se presenta una competencia al interior de la industria para poder diferenciar sus productos dentro del catálogo de productos en el mercado, uno de los inductores para la innovación que se analizó en el primer capítulo.

Los laboratorios biotecnológicos, que se encargan del proceso de investigación y desarrollo, se vuelven parte primordial del proceso productivo, con esto se presenta una diferenciación de las actividades innovativas de las actividades que no tienen una carga innovadora dentro del proceso productivo, y dado el esquema de las cadenas globales de valor, las actividades como la manufactura, se mueven a países en vías de desarrollo como el nuestro, lo que concentra los polos de innovación en los países desarrollados.

A pesar de esto, la biotecnología se presenta como uno de los campos en la frontera del conocimiento, y aunque varios países desarrollados tienen industrias ya consolidadas y con una importante presencia en el mercado mundial, muchos países, especialmente asiáticos, han fomentado programas de desarrollo biotecnológico, alcanzando una participación importante en los últimos años.

Esto refleja el potencial y la oportunidad que se presenta al abordar de manera seria el desarrollo de las tecnologías que lideran esta revolución tecnológica, en este caso la biotecnología, como un punto importante para abordar temas de interés social, económico y productivo.

En el caso de la industria mexicana de biotecnología, la mayoría de las empresas, como se comentó, se enfoca en la manufactura de compuestos para el comercio internacional, principalmente con Estados Unidos, principal socio comercial del país en biotecnología, muy pocas desarrollan productos innovadores, pero existen los elementos necesarios para considerar una incursión seria en la industria.

La mayoría de la infraestructura para investigación y desarrollo, y personal altamente capacitado se encuentra en la esfera académica. Existen puntos geográficos donde se concentran principalmente las empresas, institutos públicos y laboratorios en biotecnología, principalmente en la Ciudad de México, Morelos y Jalisco. Otra de las ventajas que se presentan es que los costos de servicios para la investigación en biotecnología son significativamente más baratos en el país con respecto a Estados Unidos, por lo que se puede presentar como una oportunidad para atracción de financiamiento, y encausarlo a actividades de investigación y no solamente de mantenimiento del equipo.

Teniendo en cuenta lo anterior, como se ha comentado, es necesario sustentar las actividades en Ciencia y Tecnología sobre campos sustantivos de la vida económica y social, por lo que fue importante repasar la situación de la política de salud, principalmente la política farmacéutica en México ya que tiene relación directa con el desarrollo de la biotecnología.

El principal hallazgo fue la ausencia de una política nacional farmacéutica, la falta de participación de la Secretaría de Salud en la inversión pública en investigación y desarrollo, la falta de definición de alcances para la política de salud en todo el periodo de estudio y la duplicidad de financiamiento y actividades dentro del sistema.

Esta política de salud ha sido deficiente ya que no favorece un esquema que incentive la participación de farmacéuticas nacionales innovadoras, los esquemas de precios desfavorecen las compras publicas de medicamentos a farmacéuticas nacionales y se realizan compras de medicamentos de patente a sobreprecio, lo que financieramente representa una carga importante para el sistema de salud.

Ante este panorama, es también necesaria una reestructuración en el sistema de salud que considere una política farmacéutica y que esta última considere una participación activa de las farmacéuticas nacionales, incentivando a aquellas empresas innovadoras mediante diversas herramientas, como pueden ser las compras públicas de innovación, un esquema de segmentación de precios que premie a los medicamentos realmente innovadores e incentivando la investigación básica y aplicada mediante la Secretaría de Salud para abordar problemas presentes en la sociedad.

Aún quedan pendientes diversos temas, abordar de forma más detallada los cambios que se deben realizar en temas de propiedad intelectual, la participación de los centros públicos de investigación y las adecuaciones que se deben realizar para estos que sean semilleros de empresas innovadoras, al igual que abordar el esquema de incentivos para emprendedores y pequeñas empresas innovadoras en biotecnología. En futuras investigaciones se abordará estos temas.

Se ha observado que la economía mexicana en su conjunto no tiene las condiciones necesarias para que el Sistema de Innovación, y con esto, las políticas científicas, tengan un impacto significativo según sus objetivos; las condiciones de inversión son deficientes ya que se encuentran en un campo de *incertidumbre*, y es dependiente en gran medida de la inversión pública, a su vez, esta depende en gran medida de la capacidad financiera del Estado, que durante los últimos años se ha

visto permeada y el esquema productivo no favorece la inversión privada en estos rubros. Con lo que se determina que la inversión y las condiciones para la misma son insuficientes para desarrollar un plan de desarrollo en Ciencia y Tecnología sustentable a largo plazo, por lo que se hace necesaria una reconfiguración del mismo, adoptando una perspectiva distinta, teniendo como objetivo el cumplimiento de un programa progresivo, acorde a las necesidades y condiciones sociales y productivas de la economía mexicana, en favor del desarrollo y beneficio de la sociedad mexicana.

Bibliografía

- Albornoz, M. (02 de Septiembre de 2018). *Política Científica* . Obtenido de Política Científica :
[file:///C:/Users/remif/Downloads/albornoz%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/remif/Downloads/albornoz%20(1).pdf)
- Banxico. (02 de Octubre de 2018). *Sistema financiero*. Obtenido de Banxico educa:
<http://www.anterior.banxico.org.mx/divulgacion/sistema-financiero/sistema-financiero.html>
- BBC. (2 de Febrero de 2017). *BBC News*. Obtenido de ¿Podrá Trump bajar los precios de los medicamentos en Estados Unidos?: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-38845663>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2002 (Última reforma 08-12-2015)). *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión*. Obtenido de Ley de Ciencia y Tecnología:
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242_081215.pdf
- Castañeda, D. (2015). *Forbes México*. Obtenido de Forbes: <https://www.forbes.com.mx/la-ausencia-de-inversion-publica-explica-grandes-problemas-del-pais/>
- CIBIOGEM. (s.f.). *Biotecnología y Bioseguridad en México*. Ciudad de México: CIBIOGEM.
- CONACYT. (2001). *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*. Obtenido de https://www.cepal.org/iyd/noticias/pais/8/31458/Mexico_Doc_4.pdf
- CONACYT. (2001). *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006. Pág. 24*. Obtenido de Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006:
https://www.cepal.org/iyd/noticias/pais/8/31458/Mexico_Doc_4.pdf
- CONACYT. (2007). *Informe General del estado de la Ciencia y la Tecnología*. 2007: CONACYT.
- CONACYT. (2008). *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología* . México: CONACYT.
- CONACYT. (2008). *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2008-2012*. Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/normatividad/PECiTI.pdf>
- CONACYT. (2009). *Informe General del estado de la Ciencia y la Tecnología*. México: CONACYT.
- CONACYT. (2010). *Informe General del estado de la Ciencia y la Tecnología*. México: CONACYT.
- CONACYT. (2011). *Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. México: CONACYT.
- CONACYT. (2012). *Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. México: CONACYT.
- CONACYT. (2013). *Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. México: CONACYT.
- CONACYT. (2014). *Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. México: CONACYT.

- CONACYT. (2014). *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación* . Obtenido de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/normatividad/nacional/631-3-programa-especial-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2014-2018/file>
- CONACYT. (2015). *Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. México: CONACYT.
- CONACYT. (2016). *Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. México: CONACYT.
- CONACYT. (2017). *Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. México: CONACYT.
- CONACYT. (s.f.). *SIICYT*. Obtenido de Bases de datos abiertas: <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/s191-sistema-nacional-de-investigadores-sni/2-uncategorised/220-bases-de-datos-abiertas-s191>
- Deza, X. V. (1995). *Economía de la innovación y el cambio tecnológico*. Madrid, España: Siglo XXI de España Editores.
- Diario Oficial de la Federación . (12 de 12 de 2013). *PROGRAMA Sectorial de Salud 2013 a 2018*. Obtenido de DOF: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326219&fecha=12/12/2013
- Diario Oficial de la Federación . (11 de Septiembre de 2017). *Actualización al Manual de Organización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* . Obtenido de CONACYT: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n285.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. (17 de Enero de 2008). *PROGRAMA Sectorial de Salud 2007-2012*. Obtenido de DOF: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5028687&fecha=17/01/2008
- Dutrénit, G., Capdeville, M., Corona Alcantar, J. M., Santiago, F., & Vera-Cruz, A. (2010). *El Sistema Nacional de Innovación Mexicano. Instituciones, políticas, desempeño y desafíos* . Ciudad de México: UAM.
- EY. (2017). *Biotechnology report 2017: Beyond borders*. Centro de estudios EY .
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico AC. (Agosto de 2016). *El Sistema Nacional de Investigadores en números. Pág. 8*. Obtenido de http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/SNI_en_numeros.pdf
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. (s.f.). *Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C.* Obtenido de Mesa Directiva: <https://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/mesa-directiva>
- Fumagalli, A. (2010). *Bioeconomía y Capitalismo Cognitivo. Hacia un nuevo paradigma de acumulación* . Roma: Traficantes de Sueños.
- Fundación Mexicana para la Salud, A.C. (2013). *Descripción del sector farmacéutico en México*. México, D.F.: Fundación Mexicana para la Salud, A.C.

- GOBIERNO DE LA REPUBLICA-CONACYT. (09 de 01 de 2019). *PROGRAMA ESPECIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2001-2006*. Obtenido de https://www.cepal.org/iyd/noticias/pais/8/31458/Mexico_Doc_4.pdf
- Gómez Osorio, A., Fúnez, Á., Robert, C., Zepeda, D., & Juárez, S. (2019). *Cómo innovar en proyectos de desarrollo: 13 casos de éxito en Latinoamérica*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- González Pier, E. (14 de Marzo de 2008). *Política farmacéutica saludable*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/304657/PoliticaFarmaceuticaSaludable.pdf>
- Harvey, D. (1982). *Los límites del capitalismo y la Teoría Marxista*. Oxford: Fondo de Cultura Económica.
- Harvey, D. (2005). *Breve historia del Neoliberalismo*. Madrid: Akal S.A.
- INEGI. (s.f.). *Productividad total de los factores*. Recuperado el 06 de Enero de 2020, de <https://inegi.org.mx/temas/ptf/>
- J. Wirtz, V., Dreser, A., & Heredia-Pi, I. (Mayo de 2013). *Retos y oportunidades para el desarrollo de una política farmacéutica nacional en México*. Obtenido de Salud Pública de México: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/304658/RetosOportunidades.pdf>
- La Jornada. (18 de Enero de 2019). *CONACYT benefició a grandes empresas entre 2009 y 2017*. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/ultimas/sociedad/2019/01/18/ford-gm-ibm-y-monsanto-entre-beneficiarias-del-conacyt-4267.html>
- Laboratorios Liomont. (11 de 08 de 2020). *Laboratorios Liomont*. Obtenido de <https://liomont.com.mx/liomont/#historia>
- Laboratorios Silanes. (11 de 08 de 2020). *Laboratorios Silanes*. Obtenido de <https://www.silanes.com.mx/es/>
- Ley de Ciencia y Tecnología. (2002). *Ley de Ciencia y Tecnología*. Obtenido de Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242_081215.pdf
- Li, R., & Fang, W. (2019). *University-industry-government relations of the Ministry of Industry and Information Technology (MIIT) universities: The perspective of the mutual information*. Beijing, China: PLOS ONE.
- López Silva, C. (2010). México retoma un liderazgo regulatorio sobre medicamentos biotecnológicos y biocomparables. *Gaceta Médica de México*, 83.
- López Silva, C. (2012). México retoma un liderazgo regulatorio sobre medicamentos biotecnológicos y biocomparables. *Gaceta Médica de México*, 83-90.
- Marx, K. (1946). *El Capital. Crítica de la Economía Política. Tomo I*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

- Mazzucato, M. (2017). *El Estado emprendedor. Mitos del sector público frente al privado*. España: RBA.
- Moñux, D., & Ospina, M. J. (2017). *Compra Pública de Innovación en América Latina. Recomendaciones para su despliegue en Uruguay*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Morales Sánchez, M. A., & Amaro Rosales (Coordinadores), M. (2019). *La Biotecnología en México. Innovación tecnológica, estrategias competitivas y contexto institucional*. Ciudad de México: Facultad de Economía, UNAM.
- North, D. (1993). *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. México: FCE.
- OCDE. (s.f.). *15 años de México en la OCDE*. Obtenido de <http://www.oecd.org/centrodemexico/15aosdemexicoenlaocde.htm>
- OCDE. (2019). *Intellectual property (IP) statistics and analysis*. Obtenido de <http://www.oecd.org/sti/intellectual-property-statistics-and-analysis.htm>
- OMC. (s.f.). *México y la OMC*. Obtenido de https://www.wto.org/spanish/thewto_s/countries_s/mexico_s.htm
- OMPI. (4 de 10 de 2007). *La OMPI y México firman un plan de cooperación para dinamizar la utilización y el intercambio de la información sobre patentes*. Obtenido de https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2007/article_0073.html
- Ornelas, J. (Febrero de 2008). *Ciencia y Tecnología en el gobierno de Vicente Fox*. Obtenido de <https://www.stunam.org.mx/8prensa/8forouniver1/forouni13/8fu13-10.html>
- Pallares, M. (10 de 07 de 2017). *El Universal*. Obtenido de Probiomed, mexicana que hace frente a las grandes farmacéuticas: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/cartera/economia/2017/07/10/probiomed-mexicana-que-hace-frente-las-grandes-farmaceuticas>
- Pan American Health Organization. (27 de 01 de 2021). *Pan American Health Organization (PAHO)*. Obtenido de Pharmaceutical Policies: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=1903:politic-as-farmaceuticas&Itemid=1177&lang=en
- Pérez, C. (2004). *Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero*. México: Siglo XXI.
- Probiomed. (11 de 08 de 2020). *Probiomed*. Obtenido de <https://www.probiomed.com.mx/>
- ProMéxico. (2014). *Biotecnología*. Ciudad de México: ProMéxico.
- PROMEXICO. (17 de Febrero de 2016). *Biotecnología*. Obtenido de <https://www.gob.mx/promexico/acciones-y-programas/biotecnologia>
- PROMÉXICO. (Mayo de 2016). *Biotecnología*. Obtenido de Diagnóstico Sectorial: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/biotecnologia.pdf>
- RAE. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/?id=Lgx0cfV>

- Ramírez, R. H. (2007). La Política de la Ciencia y de la Tecnología en México. *Revista de la Facultad de Economía-BUAP*, 87-94.
- Relaciones Exteriores. (s.f.). *Organización Mundial de la Propiedad Intelectual*. Obtenido de <https://mision.sre.gob.mx/oi/index.php/areas-tematicas/propiedad-intelectual>
- Sanz, E. (s.f.). *Muy Interesante*. Obtenido de La nanotecnología y la biotecnología nos cambiarán la vida: <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/la-nanotecnologia-y-la-biotecnologia-nos-cambiaran-la-vida>
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. España: Foro Económico Mundial.
- Secretaría de Economía. (Septiembre de 2011). *Inversión Extranjera en México*. Obtenido de <http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/2157/1/images/13.pdf>
- Secretaría de Economía. (s.f.). *Industria Farmacéutica*. Ciudad de México: Secretaría de Economía.
- Secretaría de Salud de la Ciudad de México. (2019). *Política Farmacéutica y los Servicios Farmacéuticos*. Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México - Secretaría de Salud.
- Secretaría Técnica del Estímulo a la Investigación y Desarrollo de Tecnología. (2017). *Informe sobre los impactos y beneficios obtenidos por los proyectos de inversión apoyados durante el ejercicio fiscal 2017*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/394236/Informe_de_Impactos_y_beneficios_EFIDT_2017.pdf
- Solleiro, J. L. (2007). El programa especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 y el Sistema Nacional de Innovación. *Revista de la Facultad de Economía-BUAP*, 41-53.
- Trejo Estrada, S. (2010). *La Biotecnología en México: Situación de la Biotecnología en el mundo y situación de la Biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo*. Ciudad de México: IPN. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del IPN.